



**TUGAS AKHIR  
TM 145502 (MN)**

**ANALISA REKONDISI BAJA PEGAS DAUN BEKAS  
SUP 9A DENGAN METODE *QUENCH-TEMPER*  
PADA TEMPERATUR *TEMPERING* 500<sup>0</sup>C  
TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK**

**ADAMS PRANANTHA CAHYA PUTRA  
NRP. 2114 030 066**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Hari Subiyanto, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT  
TM 145502 (MN)**

**RECONDITION ANALYSIS OF SECONDHAND SUP 9A  
LEAF SPRING STEEL FOR *QUENCH-TEMPER*  
METHODS AT *TEMPERING* TEMPERATURE 500°C  
FOR HARDNESS AND TENSILE STRENGTH**

**ADAMS PRANANTHA CAHYA PUTRA  
NRP. 2114 030 066**

**Counselor Lecturer  
Ir. Hari Subiyanto, M.Sc.**

**MECHANICAL INDUSTRY ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty of Vokasi  
Institute Technology of Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISA REKONDISI BAJA PEGAS DAUN BEKAS SUP 9A DENGAN METODE *QUENCH-TEMPER* PADA TEMPERATUR *TEMPERING* 500°C TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Ahli Madya

pada

Bidang Studi Manufaktur

Departemen Teknik Mesin Industri

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**ADAMS PRANANTHA CAHYA PUTRA**

**NRP. 2114 030 066**

Mengetahui dan Menyetujui

**Dosen Pembimbing**



**SURABAYA, JULI 2017**



# **ANALISA REKONDISI BAJA PEGAS DAUN BEKAS SUP 9A DENGAN METODE *QUENCH-TEMPER* PADA TEMPERATUR *TEMPERING* 500<sup>0</sup>C TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK**

**Nama Mahasiswa : Adams Pranantha Cahya Putra**  
**NRP : 2114 030 066**  
**Departemen : Teknik Mesin Industri FV-ITS**  
**Dosen Pembimbing : Ir. Hari Subiyanto, M.Sc**

## **Abstrak**

*Kenyamanan dan keamanan saat berkendara menjadi hal yang sangat penting. Salah satu komponen untuk membuat aman dan nyaman saat berkendara ialah pada sistem suspensinya atau pegas daun. Pegas daun yang telah digunakan akan mengalami penurunan kualitas sifat mekanik yang dikarenakan beban dinamis yang diterima. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses rekondisi untuk mengembalikan sifat mekanik sesuai standart spesifikasi awal baja pegas daun JIS G 4801-1984.*

*Metodologi pada penelitian ini dilakukan dengan uji laku panas dengan proses pemanasan pada temperatur 850<sup>0</sup>C dengan holding time 60 menit, dilakukan proses quenching menggunakan media pendinginan air bervolume 20 Liter dengan cara agitasi, dilakukan proses *Tempering* pada temperatur 500<sup>0</sup>C dengan holding time 90 menit dan didinginkan dengan media udara, kemudian dilakukan uji tarik dan uji kekerasan.*

*Dari hasil pengujian diperoleh baja pegas rekondisi tidak dapat mengembalikan kualitas sifat mekanik dan tidak memenuhi standar spesifikasi awal baja pegas daun JIS G 4801-1984. Kekuatan tarik (*ultimate strength*) yang dihasilkan sebesar 1140,90 MPa, kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar 883,79 MPa, serta kekerasan sebesar 42,74 HRC atau 398,05 HB.*

***Kata kunci : Rekondisi, Pegas Daun, Quenching, Tempering, Sifat Mekanik.***



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



# **RECONDITION ANALYSIS OF SECONDHAND SUP 9A LEAF SPRING STEEL FOR *QUENCH-TEMPER* METHODS AT *TEMPERING* TEMPERATURE 500°C FOR HARDNESS AND TENSILE STRENGTH**

**Student Name** : Adams Pranantha Cahya Putra  
**NRP** : 2114 030 066  
**Department** : Mechanical Industry Engineering FV-ITS  
**Counselor Lecturer** : Ir. Hari Subiyanto, M.Sc

## **Abstract**

*Safety and comfort become the most important factor while driving. One way to provide more comfort and safety while driving is managing the vehicle suspension system or leaf spring. Leaf springs that have been used will have a decrease in the quality of mechanical properties due to dynamic loads received. Therefore, a recondition process is necessary to restore mechanical properties to the standard specification leaf spring JIS G 4801-1984*

*Methods in this research begin heat treatment at 850 °C with 60 minutes holding time and quenching cooled using 20 liters of water by means of agitation, then tempering process is done at 500 °C with 90 minutes holding time and cooled by air, lastly hardness and tensile tests.*

*From the test result obtained that reconditioned spring steel can not restore the quality of mechanical properties and does not meet the standard specification of JIS G 4801 – 1984. Ultimate tensile strength of 1140,90 Mpa, yield strength of 883,79 Mpa and also hardness of 42,74 HRC or 398,05 HB.*

***Keywords : Recondition, Leaf Spring, Quenching, Tempering, Mechanical Properties***



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji dan syukur dipanjatkan kehadirat ALLAH SWT karena atas rahmat dan karunia-NYA, sehingga penulis mampu menyelesaikan salah satu syarat wajib bagi mahasiswa untuk menyelesaikan pendidikan pada departemen teknik mesin industri, fakultas vokasi, ITS-Surabaya.

Tugas akhir ini berjudul : **“ANALISA REKONDISI BAJA PEGAS DAUN BEKAS SUP 9A DENGAN METODE *QUENCH-TEMPER* PADA TEMPERATUR *TEMPERING* 500<sup>0</sup>C TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK”**

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis berusaha menerapkan ilmu yang didapat selama menjalani perkuliahan di Departemen Teknik Mesin Industri. Kiranya penulis tidak akan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini tanpa bantuan, saran, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Hari Subiyanto, M.Sc selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, saran dan masukan saat mengerjakan Tugas Akhir ini sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini tepat pada waktunya.
2. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri yang selalu memberikan bantuan dan motivasi.
3. Bapak Ir. Suhariyanto, M.Sc selaku kepala program studi D3 Teknik Mesin Industri dan koordinator Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Eddy Widiyono, M.Sc selaku dosen wali yang selalu sabar dalam memberikan pengarahan disetiap perwalian.
5. Segenap Bapak/Ibu Dosen Pengajar dan Karyawan di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS, yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan selama penulis menuntut ilmu di kampus ITS.



6. Tim dosen penguji yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam rangka perbaikan tugas akhir ini.
7. Orang tua tercinta Bapak R. Pranantha Wuragil dan Ibu Sri Sulastri serta adik saya Altalariq Pranantha Yudha Airlangga yang selalu memberikan doa serta dukungannya.
8. Teman-teman dari Laboraturium Metalurgi yang selalu memberikan semangat, dukungan serta motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Istiqlal Sanatu D, Miftaqul Hudha, dan Radhika Anggara P selaku partner tugas akhir.
10. Teman-teman seangkatan 2014.
11. Sahabat-sahabat kos GL30 dan HMKM yang sangat menghibur dikala suka dan duka

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.

Surabaya, Juli 2017

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumasan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Metode Penulisan .....	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1 Pegas Daun ( <i>Leaf Spring</i> ) .....	5
2.1.1 Sifat Material Pegas Daun .....	6
2.1.2 Cara Kerja Pegas Daun .....	7
2.2 Definisi Baja Pegas.....	8
2.3 Material Baja Pegas .....	9
2.3.1 Karakteristik Material Baja Pegas.....	9
2.3.2 Kegagalan Baja Pegas.....	9
2.4 Patah Getas dan Patah Ulet.....	11
2.5 Mekanisme Pembentukan Patah Lelah.....	11
2.5.1 Tahap Retak Awal ( <i>Crack Initiation</i> ) .....	11
2.5.2 Tahap Penjalaran Retak ( <i>Crack Propagation</i> ) .....	13
2.6 <i>Strain Hardening</i> .....	14
2.7 Proses Laku Panas ( <i>Heat Treatment</i> ) .....	15
2.7.1 Laku Panas Kondisi Setimbang .....	16
2.7.2 Laku Panas Kondisi Tidak Setimbang .....	16
2.7.3 <i>Hardening</i> .....	17
2.7.4 <i>Quenching</i> .....	18



2.7.5 <i>Tempering</i> .....	20
2.7.6 Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik Baja Pegas .....	21
2.8 Uji Kekerasan .....	22
2.9 Uji Tarik.....	23
2.9.1 Istilah Lain Tentang Interpretasi Hasil Uji Tarik .....	24
2.9.2 Detail Profil Uji Tarik dan Sifat Mekanik Logam .....	26
2.9.3 Tegangan Luluh Perubahan Elastis dan Plastis.....	28
<b>BAB III METODOLOGI</b>	
3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	29
3.2 Material Benda Uji.....	30
3.2.1 Bahan Material Awal .....	30
3.2.2 Pemotongan Bahan Material Awal .....	31
3.2.3 Pemotongan Spesimen .....	33
3.3 Proses <i>Quenching</i> .....	34
3.4 Proses <i>Tempering</i> .....	37
3.5 Uji Kekerasan .....	38
3.6 Uji Tarik.....	39
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Analisa dan Pembahasan .....	41
4.2 Uji Kekerasan .....	41
4.2.1 Pengaruh Proses <i>Quench-Temper</i> Pada Kekerasan Baja Pegas Daun.....	43
4.3 Uji Tarik.....	43
4.3.1 Pengujian Tarik Pegas Daun Baru .....	44
4.3.2 Pengujian Tarik Pegas Daun Baru Sebelum <i>Quench-Temper</i> .....	46
4.3.3 Pengujian Tarik Pegas Daun Bekas Rekondisi .....	48
4.3.4 Pengaruh Proses Rekondisi Pada Pengujian Tarik .....	50
4.4 <i>Resilience</i> .....	53

4.5 Pembahasan .....	54
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran .....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pegas Daun .....	6
Gambar 2.2 Kelenturan Pegas Daun .....	7
Gambar 2.3 (a) Pegas belum terjadi deformasi .....	8
(b) Pegas dalam konfigurasi deformasi.....	8
Gambar 2.4 Model Wood Untuk Pengintian Retak.....	12
Gambar 2.5 Mekanisme Penumpulan Ujung Retakan Secara Plastis .....	13
Gambar 2.6 Skema Diagram Tegangan Regangan Loading dan Unloading .....	14
Gambar 2.7 Diagram Tegangan Regangan <i>Strain Hardening</i> .....	15
Gambar 2.8 Daerah Temperatur Laku Panas .....	16
Gambar 2.9 Kurva Pendinginan Pada Baja .....	18
Gambar 2.10 IT Diagram Baja dengan Kandungan Karbon Antara 0,56% - 0,64%.....	19
Gambar 2.11 Grafik Pengaruh Temperatur Tempering Pada Baja.....	20
Gambar 2.12 Pita <i>Hardenability</i> Baja Pegas SUP 9A.....	21
Gambar 2.13 Prinsip Kerja <i>Rockwell</i> .....	22
Gambar 2.14 Kurva Tegangan-Regangan uji tarik.....	23
Gambar 2.15 Contoh Data Hasil Uji Tarik.....	27
Gambar 2.16 Kurva Tegangan Luluh.....	28
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	29
Gambar 3.2 Dimensi Bahan Material Awal Baru .....	30
Gambar 3.3 Dimensi Bahan Material Awal Bekas .....	30
Gambar 3.4 Bahan Material Awal.....	31
Gambar 3.5 Dimensi Bahan Material Awal Bekas Setelah Pemotongan.....	32
Gambar 3.6 Dimensi Bahan Material Awal Baru Setelah Pemotongan.....	32
Gambar 3.7 Pemotongan Spesimen.....	32
Gambar 3.8 Bahan Setelah Proses Pemotongan.....	33



Gambar 3.9 Standart Spesimen Uji Tarik JIS Z 2201 14 b .....	34
Gambar 3.10 Oven Uji Laku Panas .....	35
Gambar 3.11 Media Pendinginan .....	35
Gambar 3.12 Skema Proses <i>Quenching</i> .....	36
Gambar 3.13 Oven Dalam Temperatur 850 <sup>0</sup> C .....	36
Gambar 3.14 Skema Proses <i>Tempering</i> .....	37
Gambar 3.15 Pemasukan Spesimen Kedalam Oven.....	37
Gambar 3.16 Oven Dengan Temperatur 500 <sup>0</sup> C.....	38
Gambar 3.17 Spesimen Dilakukan Pendinginan Udara .....	38
Gambar 3.18 Titik Indentasi .....	39
Gambar 3.19 Alat Uji Kekerasan .....	39
Gambar 3.20 Mesin Uji Tarik.....	40
Gambar 4.1 Grafik Nilai Kekerasan Rata-Rata Pada Pegas Daun.....	42
Gambar 4.2 Spesimen Hasil Uji Tarik Pegas Daun Baru.....	44
Gambar 4.3 Grafik <i>Tegangan-Regangan</i> Material Baja Pegas Daun Baru.....	45
Gambar 4.4 Spesimen Hasil Uji Tarik pegas daun bekas Sebelum <i>Quench-Temper</i> .....	46
Gambar 4.5 Grafik <i>Tegangan-Regangan</i> Material Baja Pegas Daun Sebelum <i>Quench-Temper</i> .....	47
Gambar 4.6 Spesimen Hasil Uji Tarik Pada Pegas Daun Rekondisi.....	48
Gambar 4.7 Grafik <i>Tegangan-Regangan</i> Material Baja Pegas Daun Rekondisi .....	49
Gambar 4.8 Grafik <i>Tegangan-Regangan</i> Rata-Rata Baja Pegas Daun .....	51
Gambar 4.9 Grafik <i>Resilience</i> Pada Baja Pegas .....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Baja Pegas JIS G 4801-1984 (Mass%) .....	8
Tabel 2.2 Sifat Mekanik Baja Pegas Daun JIS G 4801-1984.....	9
Tabel 2.3 Kondisi Pembebanan Pada Baja Pegas .....	10
Tabel 2.4 Macam-macam penyebab kegagalan Pada baja pegas .....	10
Tabel 3.1 Dimensi Awal Baja Pegas Daun Baru.....	30
Tabel 3.2 Dimensi Awal Baja Pegas Daun Bekas.....	30
Tabel 3.3 Dimensi Bahan Sebelum Pembentukan Spesimen Bekas.....	31
Tabel 3.4 Dimensi Bahan Sebelum Pembentukan Spesimen Baru.....	32
Tabel 3.5 Dimensi Spesimen Uji Tarik Bekas .....	33
Tabel 3.6 Dimensi Spesimen Uji Tarik Baru .....	34
Tabel 4.1 Hasil Uji Kekerasan Rata-Rata Pegas Daun Menggunakan HRC .....	41
Tabel 4.2 Hasil Uji Kekerasan Rata-Rata Pegas Daun Menggunakan HB .....	41
Tabel 4.3 Data Uji Tarik Pada Pegas Daun Baru .....	44
Tabel 4.4 Hasil Dari Pengujian Tarik Pegas Daun Baru .....	44
Tabel 4.5 Data Uji Tarik Pada Baja Pegas Daun Sebelum <i>Quench-Temper</i> .....	46
Tabel 4.6 Hasil Dari Pengujian Tarik Pada Baja Pegas Daun Baru Sebelum <i>Quench-Temper</i> .....	47
Tabel 4.7 Data Uji Tarik Pada Pegas Daun Rekondisi.....	48
Tabel 4.8 Hasil Dari Pengujian Tarik Baja Pegas Daun Rekondisi .....	49
Tabel 4.9 Hasil Rata-Rata Uji Tarik Material Baja Pegas Daun.....	50
Tabel 4.10 Data <i>Resilience</i> Pada Baja Pegas.....	53



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dewasa ini perkembangan pada bidang otomotif sudah sangat pesat. Kenyamanan dan keamanan saat berkendara menjadi faktor utama yang sangat penting. Hal tersebut mendorong berbagai industri otomotif bersaing untuk menghasilkan produk yang sangat berkualitas baik. Kenyamanan dan keselamatan pengendara kendaraan bermotor khususnya kendaraan roda empat seharusnya terjamin baik secara langsung maupun tidak langsung. Salah satu cara agar pengendara bermotor merasa aman dan nyaman saat berkendara ialah pada sistem suspensinya atau yang biasa disebut dengan pegas.

Salah satu jenis pegas yang digunakan pada kendaraan bermotor roda empat adalah pegas daun (*leaf spring*). Pegas daun merupakan pegas yang menitikberatkan pada kekuatan sehingga dapat menerima beban yang sangat besar.

Pegas daun yang telah digunakan akan mengalami penurunan kualitas sifat mekanik yang dikarenakan beban dinamis yang diterima atau terjadi pada pegas daun tersebut. Hal ini menyebabkan kekuatan dari pegas berkurang atau bahkan pegas tidak layak digunakan kembali karena membuat pengendara tidak nyaman saat berkendara.

Melalui penelitian ini akan dilakukan proses rekondisi dari sebuah material bekas pegas daun, penelitian ini diharapkan agar dapat menjadi sebuah solusi untuk mengembalikan kekuatan pada pegas daun bekas hingga kekuatan sama dengan pegas daun yang baru.

Untuk mengembalikan sifat mekanik pegas dapat dilakukan dengan menggunakan proses perlakuan panas. Proses perlakuan panas dalam penelitian ini meliputi *quenching* dan *tempering* pada waktu penahanan (*holding time*) tertentu. Sifat mekanik dari proses tersebut akan dianalisa dengan menggunakan uji tarik dan uji kekerasan. Sifat mekanik material pegas bekas yang



direkondisi diprediksi mampu untuk memenuhi kembali standar kelayakan awal sesuai standart SUP yang telah ada.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Dari uraian latar belakang, maka diperoleh adanya perumusan masalah yang muncul sebagai pertanyaan pedoman agar sesuai dengan apa yang penulis harapkan, diantaranya sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi baja pegas bekas rekondisi apakah kembali pada standart spesifikasi awal baja pegas daun JIS G 4801-1984.
2. Bagaimana nilai kekerasan dan sifat mekanik uji tarik yang dihasilkan dari proses laku panas *quenching* dan *tempering* pada baja pegas daun baru, bekas dan rekondisi

## **1.3 Batasan Masalah**

Penelitian ini dilakukan pada baja pegas daun bekas pada kendaraan bermotor roda empat, baja tersebut berupa lembaran plat yang sesuai dengan SUP. Untuk mencapai tujuan yang diinginkan dari penelitian ini, maka batasan masalah yang diberikan adalah :

1. Spesimen berupa baja pegas daun bekas pada kendaraan bermotor roda empat dengan standart JIS SUP 9A.
2. Pemanasan pada saat *quenching* dan *tempering* sempurna dan merata pada seluruh material yang diuji.
3. Waktu pemindahan spesimen dari oven ke media *quenching* adalah sama untuk semua spesimen.
4. Keadaan spesimen bekas dianggap homogen

## **1.4 Tujuan**

Tujuan yang didapat dari penelitian ini antara lain :

1. Untuk mengetahui sifat mekanik pada proses *tempering*, terhadap kekuatan tarik dan kekerasan dari baja pegas daun.
2. Untuk mengembalikan sifat mekanik pada baja pegas daun bekas kendaraan bermotor sesuai dengan standart spesifikasi baja pegas daun dengan proses rekondisi material.

## **1.5 Metode Penulisan**

Penulisan disusun dalam lima bab yaitu : pendahuluan, dasar teori, metodologi penelitian, analisa data dan pembahasan, serta kesimpulan. Adapun perinciannya adalah sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah serta tujuan penelitian.

### **BAB II DASAR TEORI**

Pada bab ini menjelaskan tentang pegas dalam dunia industri, definisi baja pegas daun, material baja pegas, proses laku panas (*quenching* dan *tempering*), serta pengaruh perlakuan panas (*heat treatment*) yaitu uji kekerasan dan uji tarik terhadap baja pegas baru, bekas dan rekondisi.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang data spesimen awal, metode pengujian yang digunakan, diagram alir dari prosedur yang dilakukan untuk penelitian ini.

### **BAB IV ANALISA DATA dan PEMBAHASAN**

Pada bab ini menjelaskan data yang diperoleh dari percobaan atau pengujian yang dilakukan, yang meliputi hasil uji kekerasan, dan hasil uji tarik serta analisa tentang hasil yang telah diperoleh selama percobaan dilakukan, pembahasan mengenai hubungan antara hasil percobaan dengan teori yang sudah ada.

## **BAB V PENUTUP**

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari hasil percobaan yang telah dianalisa beserta dengan saran untuk penelitian berikutnya.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Berisi tentang referensi – referensi yang terkait dengan materi pembahasan, berupa buku, jurnal tugas akhir terdahulu, maupun website yang dijadikan acuan untuk menyelesaikan tugas akhir.

## **LAMPIRAN**



## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

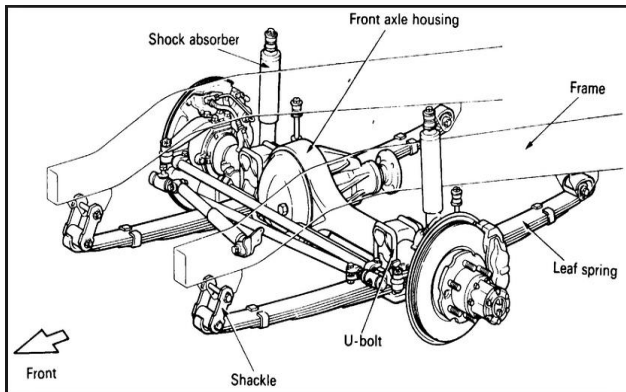
#### **2.1 Pegas Daun (*Leaf Spring*)**

Peredam kejut, *shock absorber*, atau *shock breaker* adalah sebuah alat mekanik yang didesain untuk meredam hentakan yang disebabkan oleh energi kinetik. Dalam kendaraan, alat ini berfungsi untuk mengurangi efek dari kasarnya permukaan jalan. Tanpa peredam kejut, kendaraan dapat terlempar, seperti energi yang disimpan dalam pegas dan lalu dilepaskan pada kendaraan. Kontrol gerakan berlebih pada suspensi tanpa peredam kejut diredam secara paksa oleh pegas yang kaku, dapat menyebabkan ketidaknyamanan dalam berkendara. Peredam kejut diperkenankan menggunakan pegas yang lembut yang dapat mengontrol gerakan suspensi dalam merespon gundukan atau lubang.

Peredam kejut harus menyerap atau dapat menghilangkan energi. Desainnya harus dipertimbangkan. Oleh karena itu, ketika mendesain atau memilih sebuah peredam kejut harus mengetahui kemana energi akan pergi. Umumnya dalam kebanyakan dashpot, energi diubah kedalam panas yang berada didalam cairan kental.

Pegas daun adalah jenis *spring* yang paling sederhana konstruksinya dan kekuatannya dapat ditambah ataupun dikurangi. Pegas daun terdiri dari beberapa lembar *spring* yang diikat menjadi satu, sehingga dapat ditambah atau dikurangi. Semakin banyak jumlah lembar *spring*, semakin kuat daya lenturnya. Hal ini juga dipengaruhi oleh tebal, lebar, dan panjang *spring*. Pegas daun terbuat dari bahan *steel alloy*.

Pemasangan pegas daun terhadap *axle* dipengaruhi oleh jenis kendaraanya. Jika kendaraan ini direncanakan supaya lantainya rendah, maka pemasangan pegas daun ditempatkan pada bawah *axle*. Sebaliknya, jika diinginkan rantai kendaraan yang tinggi, maka pemasangan pegas daun ditempatkan pada bagian atas *axle*. Hal yang perlu diperhatikan pada pegas daun adalah jarak antara kedua *spring eye*.



Gambar 2.1 Pegas Daun [6]

### 2.1.1 Sifat Material Pegas Daun

Pegas daun berfungsi sebagai lengan penyangga dan untuk meredam beban kejut, guncangan dan getaran yang diterima oleh kendaraan. Berikut ini adalah sifat yang harus dimiliki oleh pegas daun :

1. Kekuatan  
Merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan material menjadi patah. Berdasarkan pada jenis beban yang bekerja, kekuatan dibagi dalam beberapa macam yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi, dan kekuatan lengkung.
2. Ketangguhan  
Merupakan kemampuan material untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.
3. Ductile  
Material akan meregang dan mengalami deformasi sebelum patah, yang disebut dengan benda elastis (*ductile*). Bila sesuatu material terdeformasi secara

*ductile*, menandakan bahwa *strain* terdistribusi secara merata.

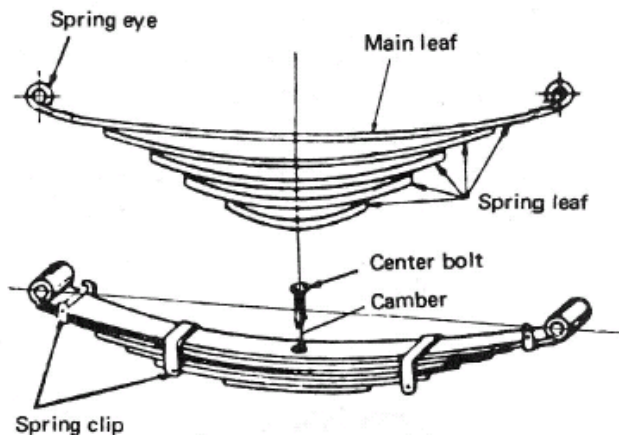
4. Tahan aus

Aus adalah kerusakan yang terjadi di permukaan suatu material karena material lain terutama gesekan antara pegas daun.

5. Tahan korosi

Korosi adalah kerusakan logam akibat reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki atau disebut juga perkaratan.

### 2.1.2 Cara Kerja Pegas Daun



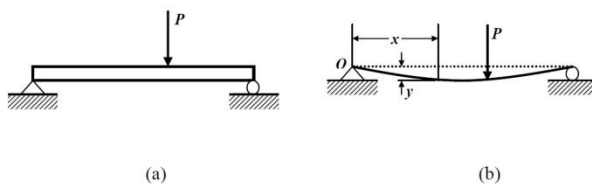
**LEAF SPRING**

Gambar 2.2 Kelenturan Pegas Daun [8]

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah  $y$  akibat adanya pembebanan secara vertical yang diberikan pada batang atau pegasnya. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi



deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral.



Gambar 2.3 (a) Pegas belum terjadi deformasi [8]  
(b) Pegas dalam konfigurasi deformasi [8]

Pada gambar a dapat dijelaskan bahwa pegas belum terkena beban sehingga pegas belum terjadi deformasi, sedangkan pada gambar b menunjukkan bahwa pegas sudah menerima beban sehingga terkena deformasi plastis.

## 2.2 Definisi Baja Pegas

Tabel 2.1 Komposisi Baja Pegas JIS G 4801-1984 (Mass %) [8]

Grade	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	B	Composition system
SUP3	0.82	0.25	0.45	–	–	–	–	High carbon steel
SUP6	0.60	1.65	0.85	–	–	–	–	Si-Mn steel
SUP7	0.60	2.00	0.85	–	–	–	–	
SUP9	0.56	0.25	0.80	0.80	–	–	–	Mn-Cr steel
SUP9A	0.60	0.25	0.85	0.85	–	–	–	
SUP10	0.51	0.25	0.80	0.95	–	0.20	–	Cr-V steel
SUP11A	0.60	0.25	0.85	0.85	–	–	0.0005	Mn-Cr-B steel
SUP12	0.55	1.40	0.75	0.75	–	–	–	Si-Cr steel
SUP13	0.60	0.25	0.85	0.80	0.30	–	–	Cr-Mo steel

Baja dapat didefinisikan sebagai suatu campuran dari besi dan karbon, dimana unsur karbon (C) menjadi dasar campurannya. Selain unsur karbon (C), baja juga ada campuran yang lain yaitu sulfur (S), fosfor (P), silicon (Si), dan mangan (Mn) dengan kadar tertentu.

Untuk baja pegas SUP 9A memiliki kandungan karbon (C) sebesar 0,60%, silicon (Si) sebesar 0,25%, mangan (Mn) sebesar 0,85%, dan kandungan krom (Cr) sebesar 0,85%.

## 2.3 Material Baja Pegas

### 2.3.1 Karakteristik Material Baja Pegas

Table 2.2 Sifat mekanik baja pegas daun JIS G 4801-1984 [8]

Steel grade	Heat treatment		Mechanical properties					
	Quench (C°)	Temper (C°)	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	El. %		RA. %	Hardness HB
					JIS No. 4 or No. 7	JIS No. 4		
SUP3	830-860	450-500	≥ 834	≥ 1079	≥ 8	-	-	341-401
SUP6	830-860	480-540	≥ 1070	≥ 1226	≥ 9	≥ 20	≥ 20	363-429
SUP7	830-860	480-540	≥ 1079	≥ 1226	≥ 9	≥ 20	≥ 20	363-429
SUP9	830-860	460-510	≥ 1079	≥ 1226	≥ 9	≥ 20	≥ 20	363-429
SUP9A	830-860	460-520	≥ 1079	≥ 1226	≥ 9	≥ 20	≥ 20	363-429
SUP10	840-870	470-640	≥ 1079	≥ 1226	≥ 10	≥ 30	≥ 30	363-429
SUP11A	830-860	460-520	≥ 1079	≥ 1226	≥ 9	≥ 20	≥ 20	363-429
SUP12	830-860	510-570	≥ 1079	≥ 1226	≥ 9	≥ 20	≥ 20	363-429
SUP13	830-860	510-570	≥ 1079	≥ 1226	≥ 10	≥ 30	≥ 30	363-429

Dari Tabel 2.2 menjelaskan tentang spesifikasi sifat mekanik awal pada masing-masing grade baja pegas dan proses laku panas yang dilakukan berdasarkan standar JIS G 4801-1984.

Untuk baja pegas daun SUP 9A memiliki standart spesifikasi awal yaitu untuk temperatur *quench* antara 830-860°C, temperatur *temper* antara 460-520°C, memiliki *yield strength* sebesar  $\geq 1079$  MPa, memiliki *ultimate tensile strength* sebesar  $\geq 1226$  MPa, penambahan panjang atau elongasi sebesar  $\geq 9\%$ , memiliki radius area sebesar  $\geq 20\%$ , dan kekerasan yang dihasilkan antara 363-429 HB.

### 2.3.2 Kegagalan Baja Pegas

Baja pegas berpengaruh pada kenyamanan dan keamanan pada saat berkendara. Baja pegas daun berperan sebagai penahan beban. Pada saat menahan beban baja pegas

dapat mengalami kerusakan dan kegagalan. Kegagalan dikarenakan terjadinya pembebanan dan intensitasi pembebanan. Pegas sering kali cenderung mengalami kegagalan pada kondisi saat pembebanan berulang-ulang meskipun beban yang diterima berada dibawah batas elastisitas.

Tabel 2.3 Kondisi pembebanan pada baja pegas.[8]

	Types of load	Figures to be acquainted	Properties required for material
Static load	A constant and invariable load	Load and deflection	High elastic limit
Repeated load	Constant loads repeatedly applied	Mean load Load amplitude Deflection Number of cycles	High fatigue strenght
Impact load	A load applied abruptly at high speed	Impact force Deflection Number of cycles	High elastic limit High impact value
Load for measuring load	Accurate load being ensured for a wide range of defelection, like a spring balance	Spring constant Maximum load	High elastic limit High dimensional accuracy

Tabel tersebut menjelaskan tentang pembebanan yang terjadi pada baja pegas dan rekomendasi sifat material yang harus dimiliki oleh baja pegas.

Tabel 2.4 Macam-macam penyebab kegagalan pada baja pegas. [8]

Fracture	<u>Fracture with repeated stresses</u>
	1. Fatigue with no corrosion
	2. Corrosion fatigue
	3. Fatigue from fretting corrosion or wear
	<u>Fracture with impact stress</u>
Deformation (Permanent set)	1. Brittle fracture (Low temperature brittle fracture)
	2. Ductile fracture
	<u>Fracture with static stress</u>
	1. Stress corrosion cracking
	2. Delayed fracture (Hydrogen embrittlement fracture)
Decrease of cross-sectional dimensions	1. Yielding, plastic deformation (due to over stressing)
	2. Static creep
	3. Dynamic creep
	4. Stress relaxation
	1. Wear
	2. Fretting
	3. General corrosion
	4. Local corrosion
	5. Errosion

Pada tabel 2.4 diatas menjelaskan bahwa kegagalan yang sering terjadi pada baja pegas dan macam macam klasifikasinya.

Kegagalan yang terjadi pada baja pegas antara lain diakibatkan oleh kepatahan, deformasi, dan pengurangan dimensi. Kepatahan banyak penyebabnya yaitu patah dengan tegangan yang berulang, tegangan impact yang terjadi, dan tegangan yang statis. Untuk deformasi terjadi akibat adanya *strain hardening* yang melewati batas *yield* sehingga mengakibatkan deformasi plastis. Untuk penguran dimensi dapat diakibatkan dari penggunaan, korosi dari baja pegas itu sendiri.

## **2.4 Patah Getas dan Patah Ulet**

Patahan adalah suatu spesimen dari sebuah benda menjadi 2 atau lebih potongan karena terjadinya tegangan statik dan pada temperatur yang relatif rendah terhadap titik leleh dari suatu material. Tegangan yang terjadi pada material bisa merupakan tegangan tarik, tegangan kompresi, tegangan geser ataupun torsi.

Patahan ulet dan getas pada suatu material tergantung pada kondisi pembebanan. Material yang ulet mempunyai deformasi plastis yang tinggi. Sedangkan pada material yang getas mempunyai deformasi plastis rendah.

## **2.5 Mekanisme Pembentukan Patah Lelah**

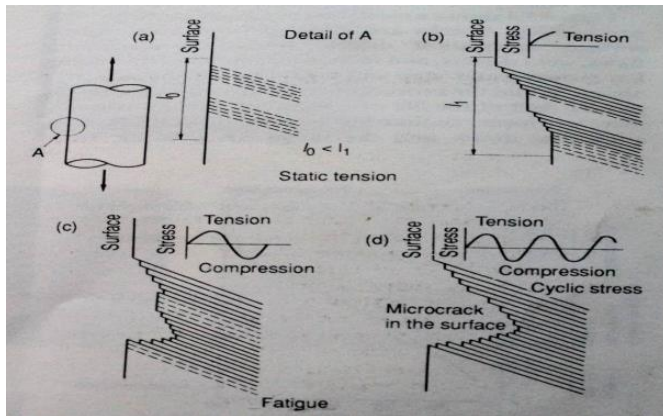
Kelelahan mengakibatkan terjadinya patah lelah. Patah lelah terjadi melalui tiga tahap yaitu tahap retak awal (*crack initiation*), penjarangan retak (*crack propagation*), dan tahap patah statis.

### **2.5.1 Tahap Retak Awal (*Crack Initiation*)**

Awal keretakan biasanya dimulai dari permukaan. Hal ini terjadi karena permukaan menerima beban terbesar dan paling memungkinkan terjadinya konsentrasi tegangan yang disebabkan oleh adanya perubahan dimensi pada permukaan atau proses pengerjaan tertentu pada material.



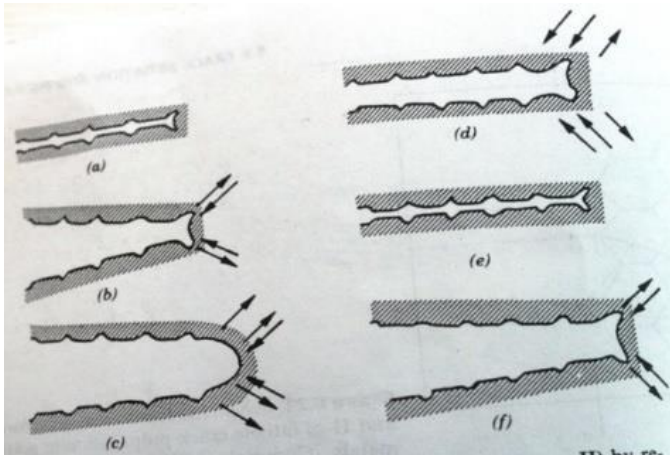
Adanya cacat dalam menyebabkan juga konsentrasi tegangan. Fenomena awal retak secara sederhana diberikan oleh Wood.



Gambar 2.4 Model Wood untuk pengintian retak. [8]

Awal material belum terjadi tegangan pada permukaan material. Pada beban tarik pertama, slip terjadi dengan membentuk permukaan bertingkat. Hal ini diakibatkan adanya tegangan geser maksimal yang terjadi pada sudut tersebut. Pembebanan secara berulang menyebabkan slip pada arah yang berlawanan. Slip ini terjadi pada bidang yang berdekatan dengan yang pertama. Dan selanjutnya merupakan proses pengulangan dalam pembebanan siklus yang sama sampai material mengalami lelah (*fatigue*). Sehingga pada material tersebut dapat terjadi pertumbuhan retak mikro (*growth of microcrack*).

### 2.5.2 Tahap Penjalaran Retak (*Crack Propagation*)



Gambar 2.5 Mekanisme penumpulan ujung retakan secara plastis (a) beban nol, (b) beban tarik kecil, (c) beban tarik maksimum, (d) beban tekan maksimum, (e) beban nol, (f) beban tekan minimum. [8]

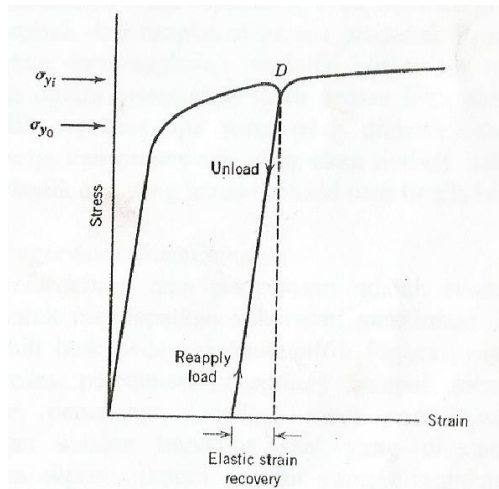
Perambatan retak pada suatu komponen terjadi jika tegangan maksimum pada ujung retakan berada di atas kekuatan material. Hal ini mengakibatkan peningkatan konsentrasi tegangan pada ujung retak. Awal retakan mula-mula menjalar pada bidang slip di dalam beberapa butir dengan kecepatan yang sangat lambat.

Pada gambar 2.5 menjelaskan bahwa pada gambar a dan e belum mengalami tegangan maksimum, atau benda memiliki beban nol atau belum terbebani, Pada gambar b mengalami keretakan yang diakibatkan oleh beban tarik kecil, pada gambar c mengalami keretakan akibat beban tarik maksimum, pada gambar d mengalami keretakan akibat beban tekan maksimum, pada gambar f mengalami keretakan akibat beban tekan minimum.

Pengamatan secara makro tidak menampakkan perambatan ini. Peristiwa ini disebut perambatan retak tahap awal. Selanjutnya pertumbuhan retak pada tahap II ditandai dengan adanya striasi. Pada tahap ini pertumbuhan retak tegak lurus dengan tegangan tarik maksimum. Retakan mulai kelihatan dengan mata telanjang, oleh karena itu disebut dengan retak makro. Pengamatan retak pada penelitian biasanya difokuskan pada tahap ini.

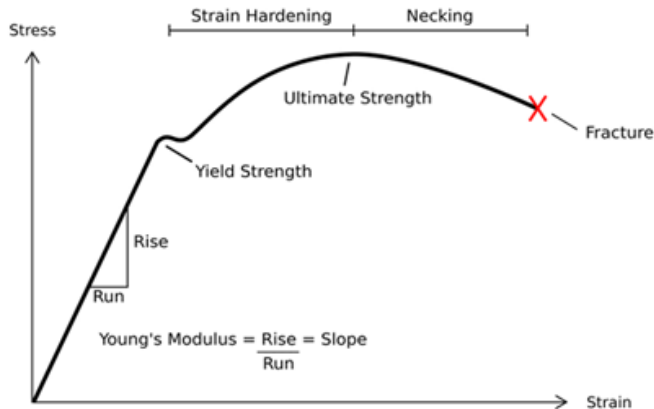
## 2.6 Strain Hardening

*Strain hardening* adalah fenomena dimana material yang ulet menjadi lebih keras dan kuat diakibatkan oleh deformasi plastic. Biasanya disebut dengan *work hardening*, karena temperatur pada saat terjadi deformasi berada pada temperatur ruangan atau dapat dikatakan pengerjaan dingin.



Gambar 2.6 Skema Diagram tegangan regangan loading dan unloading. [2]

Gambar 2.6 menunjukkan terjadinya fenomena loading dan unloading pada baja pegas. Pegas diberi beban maksimum, kemudian pegas mengalami unload sehingga turun ke tegangan nol, kemudian pegas kembali (*repeaply load*) menuju tegangan elastis.



Gambar 2.7 Diagram Tegangan Regangan *Strain Hardening*. [2]

Jika suatu material diberi pembebanan diatas batas *yield* baja akan mengalami deformasi plastis yang dapat menyebabkan terjadinya naik suatu nilai kekerasan pada baja. Fenomena ini disebut *strain hardening*. *Strain hardening* terjadi diantara daerah *yield strength* dan batas *ultimate strength*. Baja pegas yang mengalami deformasi plastis dapat menyebabkan cacat *micro crack* pada pegas.

## 2.7 Proses Laku Panas (*Heat Treatment*)

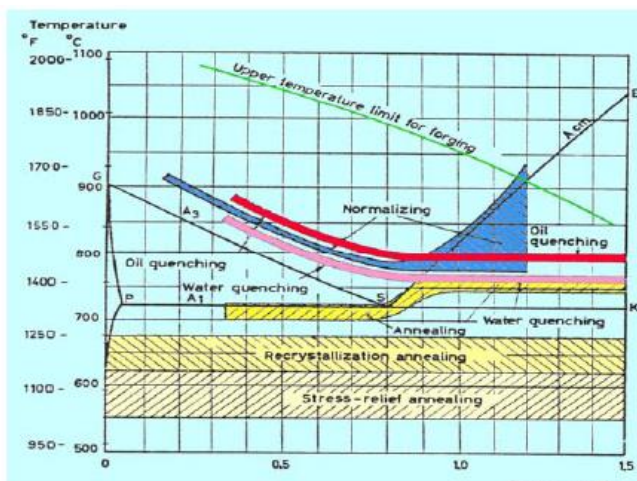
Proses laku panas adalah kombinasi dari proses pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam dalam keadaan padat, sebagai upaya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu.



Baja adalah paduan yang banyak diproduksi atau digunakan dan juga paling sering diberikan laku panas dalam proses produksinya. Proses laku panas pada baja pada umumnya akan melibatkan transformasi atau dekomposisi austenit inilah yang akan menentukan sifat fisik dan mekanik baja yang mengalami proses laku panas.

### 2.7.1 Laku Panas Kondisi Setimbang

Laku panas adalah kombinasi dari proses pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan pada logam/paduan untuk memperoleh sifat tertentu. Salah satu dari laku panas tersebut dilakukan dengan kondisi setimbang.



Gambar 2.8 Daerah Temperatur Laku Panas.[5]

### 2.7.2 Laku Panas Kondisi Tidak Setimbang

Proses laku panas yang dilakukan pada keadaan yang tidak setimbang. Hal ini dilakukan dengan cara memberikan pendinginan cepat pada logam yang sudah dipanaskan

sehingga tidak ada kesempatan bagi material yang sudah dipanaskan untuk mencapai kondisi yang setimbang.

1. Temperatur Austenitising :
  - a. Baja hypoeutektoid  $25^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$  diatas temperatur kritis  $A_3$
  - b. Baja hypereutektoid  $25^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$  diatas temperatur kritis  $A_1$
2. Waktu Penahanan (*Holding Time*)  
Agar austenit menjadi lebih homogen, maka perlu diberi kesempatan pada atom-atom untuk berdifusi.
3. Laju Pendinginan
  - a. Jenis media pendinginan
  - b. Temperatur media pendinginan
  - c. Kuatnya sirkulasi

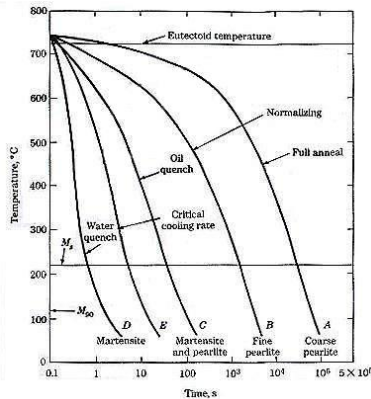
### 2.7.3 Hardening

*Hardening* merupakan suatu proses laku panas untuk mendapatkan kekerasan maksimum serta kekuatan yang lebih baik daripada baja/paduan. Proses pengerasan terdiri dari proses pemanasan (*heating*) sampai mencapai daerah *austenite* ( $723^{\circ}\text{C}$ ), penahanan (*holding time*) pada temperatur yang ditentukan selama beberapa saat yang disesuaikan dengan keperluan, pendinginan cepat (*quenching*) yang melebihi laju pendinginan kritis dari baja/paduan yang dikeraskan untuk mendapatkan struktur *martensite*.

Temperatur pemanasan, lama *holding time*, dan laju pendinginan untuk suatu proses pengerasan lebih banyak tergantung pada komposisi kimia dari baja yang dikeraskan. Kekerasan yang dapat dicapai tergantung pada kadar karbon dalam baja, sedangkan kekerasan yang terjadi tergantung pada temperatur pemanasan, *holding time*, dan laju pendinginan yang diberikan laku panas.

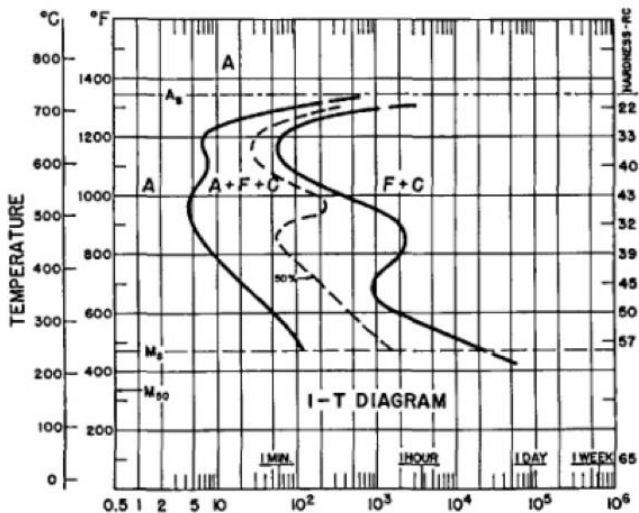
### 2.7.4 Quenching

*Quenching* adalah proses laku panas dengan laju pendinginan cepat yang dilakukan dalam suatu media pendingin seperti air (*water quench*) untuk memperoleh sifat mekanik kekerasan.



Gambar 2.9 Kurva Pendinginan yang terjadi pada baja [2]

Gambar diatas menunjukkan bahwa pendinginan (*quenching*) dari temperatur austenite jika menggunakan media air akan membentuk *martensite*, jika menggunakan media oil akan membentuk struktur *martensite* dan *pearlite*.



Gambar 2.10 IT Diagram baja dengan kandungan karbon antara 0,56% - 0,64%. [1]

Pada gambar diatas menjelaskan bahwa dalam proses quenching selain memperhatikan media pendingin, yang harus diperhatikan adalah volume dari media pendingin tersebut. Jika volume media pendingin kecil atau sedikit, maka proses pendinginan kurang maksimal. Struktur martensit dapat diperoleh jika laju pendinginan dapat mencapai *critical cooling rate* (CCR). Pada perlakuan *quenching* ini terjadi percepatan pendinginan dari temperatur akhir perlakuan dan mengalami perubahan dari austenit menjadi martensite untuk menghasilkan kekerasan yang tinggi.

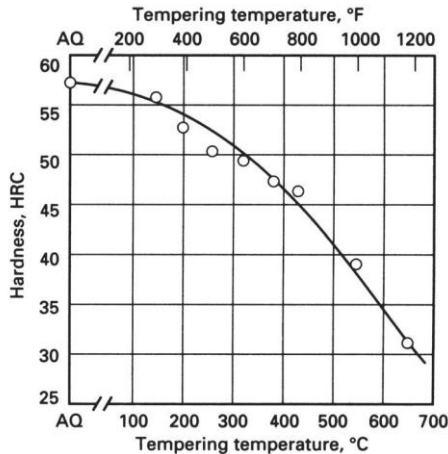
Baja dengan pendinginan air (*water quench*) pada temperatur diatas austenite yaitu  $850^{\circ}\text{C}$  akan membentuk struktur *martensite*. Kemudian baja dilakukan uji *temper* dengan temperatur  $500^{\circ}\text{C}$ , sehingga akan mendapatkan kekerasan berkisar antara 32-43 HRC.

### 2.7.5 Tempering

Baja yang dikeraskan dengan pembentukan *martensite*, pada kondisi setelah proses *quenching* biasanya masih sangat getas, sehingga baja tidak cukup baik untuk digunakan.

Pembentukan *martensite* juga meninggalkan tegangan sisa yang sangat tinggi. Karena hal tersebut setelah proses pengerasan (*hardening*) selalu diikuti dengan proses pemanasan kembali (*tempering*).

*Tempering* dilakukan dengan cara memanaskan kembali baja yang sudah dilakukan proses *quenching* pada temperatur dibawah temperatur kritis bawah, lalu membiarkannya beberapa saat pada temperatur tersebut, lalu didinginkan kembali. Secara umum dapat dikatakan jika temperatur *tempering* makin tinggi, maka kekerasan yang diakibatkan akan semakin rendah, sedangkan ketangguhannya akan semakin meningkat.



Gambar 2.11 Grafik pengaruh temperature tempering pada baja [2]

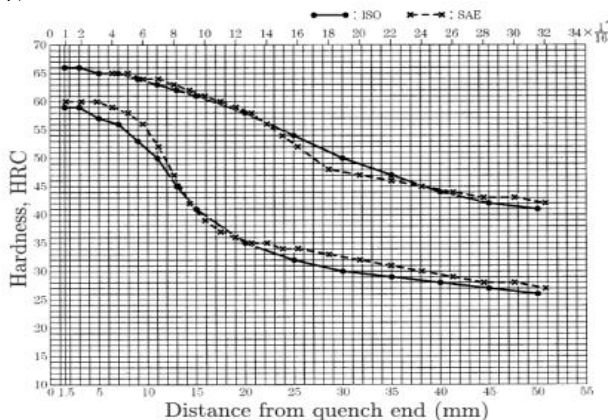


Gambar 2.11 Menjelaskan tentang grafik pengaruh temperatur tempering pada baja bahwa semakin besar temperatur tempering maka semakin kecil kekerasan yang dihasilkan.

### 2.7.6 Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik Baja Pegas

Satu dari sekian sifat baja yang paling penting adalah kekuatan, tetapi pada umumnya bila kekuatan baja dinaikkan, maka dampaknya adalah keuletannya cenderung menurun, maka kekuatan yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan karena beban kejut (benturan). Untuk mendapatkan kekuatan yang cukup dan keuletan yang baik pada pegas, maka dilakukan pengerasan celup (*quenching*) dan pemanasan ulang (*tempering*) dengan pendinginan udara.

Karena karakteristik dari *martensite* adalah sangat keras dan getas, membuat baja tersebut belum memenuhi spesifikasi sebagai baja pegas. Oleh karena itu, perlu adanya dilakukan proses pemanasan ulang (*tempering*). Sehingga kekuatannya menjadi naik, keuletannya tinggi dan juga kekerasannya memadai dalam penggunaannya sebagai baja pegas.

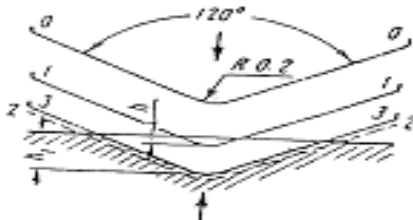


Gambar 2.12 Pita *hardenability* baja pegas SUP 9A [8]

Gambar 2.12 menjelaskan kemampuan untuk dikeraskan tersebut, maka akan dapat diperoleh kekerasan dan kekuatan serta ketangguhan yang optimal untuk baja pegas.

## 2.8 Uji Kekerasan

Pada pengujian kekerasan rockwell, angka kekerasan yang di peroleh merupakan fungsi dari kedalaman indentasi pada specimen akibat pembebanan statis. Pada pengujian dengan metode rockwell dapat digunakan dua bentuk indenter, yaitu berbentuk bola dari baja yang dikeraskan dengan berbagai diameter, dan bentuk kerucut dari intan ( *diamond cone* ). Beban yang diberikan pada saat indentasi disesuaikan dengan bentuk dan dimensi indenter, dimana angka kekerasan specimen uji dapat dibaca langsung pada mesin.



Gambar 2.13 Prinsip Kerja *Rockwell* [5]

### Keterangan :

0-0 Posisi sebelum indentasi

1-1 Penetrasi pada saat beban awal  $P_1$

2-2 Penetrasi pada pada saat beban penuh (  $P_1+P$  )

3-3 Penetrasi setelah beban utama dilepas  $P_1$

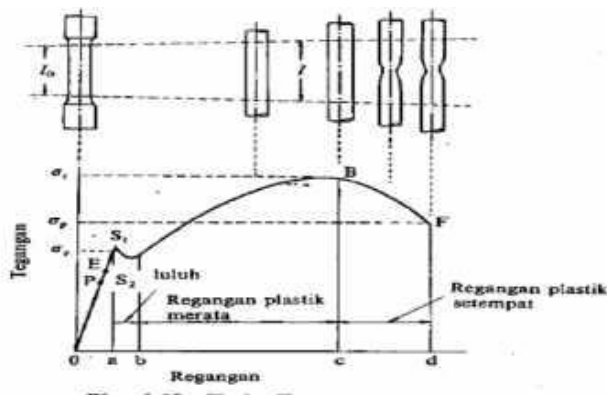
Angka kekerasan Rockwell B dan Rockwell C dinyatakan sebagai kedalaman indentasi ( $h_1$ ) dapat ditulis sebagai berikut.

$$R_B = 130 - \frac{\text{kedalaman indentasi (mm)}}{0.002}$$

$$R_C = 100 - \frac{\text{kedalaman indentasi (mm)}}{0.002}$$

## 2.9 Uji Tarik

Pada pengujian tarik dipakai benda uji standar yang ditekam pada sebuah mesin penguji, kemudian benda tersebut ditarik dengan kecepatan pembebanan tertentu.



Gambar 2.14 Kurva tegangan-regangan uji tarik [4]

Hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat dalam gambar 2.14. Titik P menunjukkan disebut batas proporsi, dan titik E menunjukkan batas beban diturunkan ke nol lagi tidak akan terjadi perpanjangan tetap pada batang uji dan disebut batas elastis. Titik E sukar ditentukan dengan tepat sebesar 0,005% sampai 0,01%. Titik  $S_1$  disebut titik luluh atas dan titik  $S_2$  titik luluh bawah.

Pada beberapa logam batas luluh ini tidak kelihatan dalam diagram tegangan-regangan, dan dalam hal ini tegangan luluhnya ditentukan sebagai tegangan dengan regangan sebesar 0,2% (*offset setting*).

Tegangan *ultimate tensile strength* dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang awal benda uji

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \sigma_u &= \text{Tegangan Tarik (kg/mm}^2\text{)} \\ F_u &= \text{Beban Maksimal (kg)} \\ A_o &= \text{Luas penampang mula dari penampang batang (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

Regangan dapat diperoleh dengan cara perpanjangan panjang ukur ( $\Delta L$ ) dengan panjang ukur mula-mula.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 100\% = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \epsilon &= \text{Regangan (\%)} \\ L &= \text{Panjang akhir (mm)} \\ L_0 &= \text{Panjang awal (mm)} \end{aligned}$$

### 2.9.1 Istilah lain tentang interpretasi hasil uji tarik

#### A. Derajat Kelentingan (*resilience*)

Merupakan sebagai kemampuan suatu bahan untuk menyerap energi tanpa mengakibatkan terjadinya deformasi plastis. Jadi dapat dinyatakan dengan banyaknya energi yang diperlukan untuk mencapai batas elastis.

*Resilience* didefinisikan sebagai banyaknya energi yang diperlukan untuk meregangkan satu satuan volume bahan hingga sampai batas elastis.

$$U_R = \frac{1}{2} \sigma_{el} \cdot \varepsilon_{el} = \sigma_{el}^2 / 2E$$

### **B. Derajat Ketangguhan (*toughness*)**

Kemampuan suatu bahan untuk menyerap energi tanpa mengakibatkan patah, dapat diukur dengan besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan. Ketangguhan didefinisikan sebagai banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan satu satuan volume suatu bahan.

### **C. Kelenturan**

Merupakan sifat mekanik bahan yang menunjukkan derajat deformasi plastis yang terjadi sebelum suatu bahan putus atau gagal pada uji tarik. Bahan disebut lentur (*ductile*) bila regangan plastis yang terjadi sebelum putus lebih dari 5%, bila kurang dari itu bahan dinyatakan getas (*brittle*).

### **D. Kekakuan (*Stiffness*)**

Suatu bahan yang memiliki kekakuan tinggi bila mendapat beban (dalam batas elastiknya) akan mengalami deformasi elastis tetapi hanya sedikit saja.

### **E. Tegangan sejati, regangan sejati (*true stress, true strain*)**

Dalam beberapa kasus definisi tegangan dan regangan seperti yang telah dibahas di atas tidak dapat dipakai. Untuk itu dipakai definisi tegangan dan regangan sejati, yaitu tegangan dan regangan berdasarkan luas penampang bahan secara *real time*.



## 2.9.2 Detail Profil Uji Tarik dan Sifat Mekanik Logam

### A. Batas Elastis $\sigma_e$ (*Elastic Limit*)

Dinyatakan dengan titik A. Bila sebuah bahan diberi beban sampai pada titik A, kemudian bebannya dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali ke semula. Tetapi bila beban ditarik sampai melewati titik A, hukum Hooke tidak lagi berlaku dan terdapat perubahan permanen dari bahan. Terdapat konvensi batas regangan permamen (*permanent strain*) sehingga masih disebut perubahan elastis yaitu kurang dari 0.03%, tetapi sebagian referensi menyebutkan 0.005%.

### B. Batas Proporsional $\sigma_p$ (*proportional limit*)

Titik sampai dimana penerapan hukum Hooke masih dapat ditolerir. Dalam prakteknya biasanya batas proporsional sama dengan nilai batas elastis.

### C. Regangan Luluh $\epsilon_y$ (*yield strain*)

Regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.

### D. Regangan elastis $\epsilon_e$ (*elastic strain*)

Regangan yang diakibatkan perubahan elastis bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula.

### E. Regangan plastis $\epsilon_p$ (*plastic strain*)

Regangan yang diakibatkan perubahan plastis. Pada saat beban dilepaskan regangan ini tetap tinggal sebagai perubahan permanen bahan.

### F. Regangan total (*total strain*)

Merupakan gabungan regangan plastis dan regangan elastis,  $\epsilon_T = \epsilon_e + \epsilon_p$ .

**G. Deformasi plastis (*plastic deformation*)**

Perubahan bentuk yang tidak kembali ke keadaan semula.

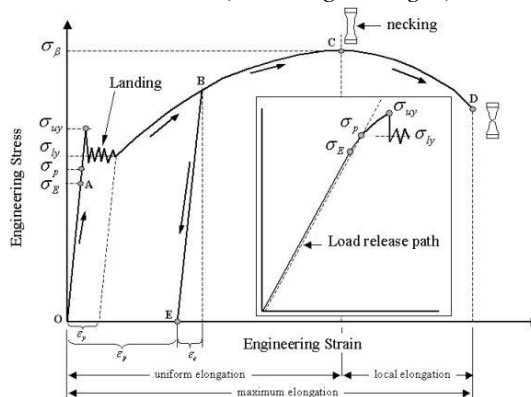
**H. Tegangan luluh atas  $\sigma_{uy}$  (*upper yield stress*)**

Tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah landing peralihan deformasi elastis ke plastis.

**I. Tegangan luluh bawah  $\sigma_{ly}$  (*lower yield stress*)**

Tegangan rata-rata daerah *landing* sebelum benar-benar memasuki fase deformasi plastis. Bila hanya disebutkan tegangan luluh (*yield stress*), maka yang dimaksud adalah tegangan ini.

**J. Kekuatan Patah (*Breaking Strength*)**

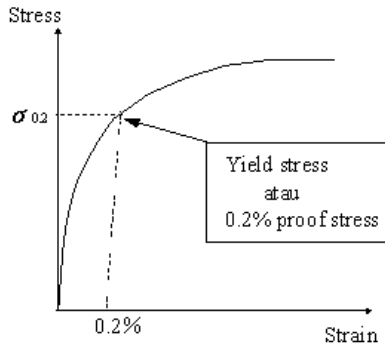


Gambar 2.15 Contoh data hasil uji tarik [4]

Ditunjukkan dengan titik D, merupakan besar tegangan di mana bahan yang diuji putus atau patah.

### 2.9.3 Tegangan Luluh Perubahan Elastis dan Plastis

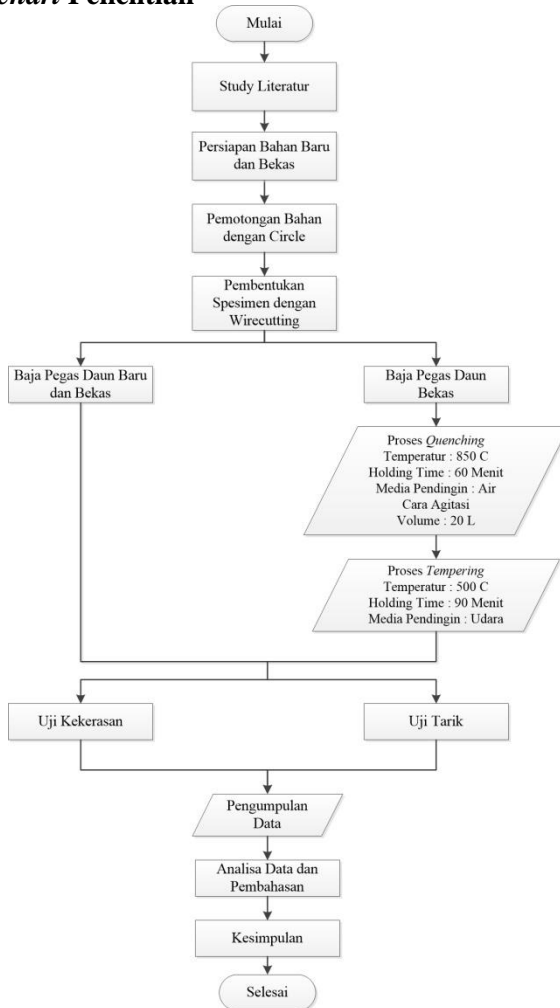
Untuk hasil uji tarik yang tidak memiliki daerah linier dan landing yang jelas, tegangan luluh biasanya didefinisikan sebagai tegangan yang menghasilkan regangan permanen sebesar 0.2%, regangan ini disebut *offset-strain*.



Gambar 2.16 Kurva Tegangan Luluh [4]

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 *Flowchart* Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

## 1. Studi Literatur

Studi literatur pada penelitian ini mengacu pada jurnal dan buku tugas akhir yang mempelajari tentang baja pegas daun baru. Serta spesifikasi awal pada baja pegas daun

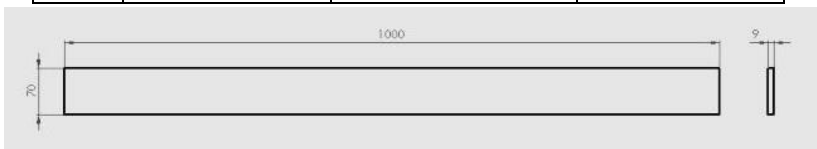
## 3.2 Material Benda Uji

### 3.2.1 Bahan Material Awal

Bahan material awal yang digunakan pada penelitian ini adalah baja pegas daun bekas dan baja pegas baru. Bahan tersebut adalah satu baja pegas bekas yang utuh dan satu baja pegas baru yang utuh seperti pada gambar 3.4.

Tabel 3.1 Dimensi Awal Baja Pegas Daun Baru

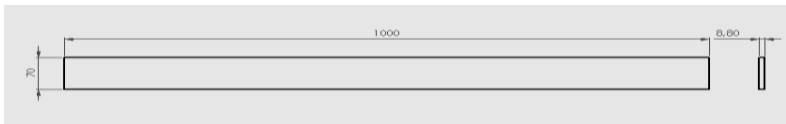
No	Panjang (mm)	Tebal (mm)	Lebar (mm)
1	1000	9	70



Gambar 3.2 Dimensi Bahan Material Awal Baru

Tabel 3.2 Dimensi Awal Baja Pegas Daun Bekas

No	Panjang (mm)	Tebal (mm)	Lebar (mm)
1	1000	8,8	70
2	1000	8,8	70



Gambar 3.3 Dimensi Bahan Material Awal Bekas



Gambar 3.4 Bahan Material Awal

Jumlah bahan yang digunakan yaitu berjumlah 3 buah baja pegas utuh. 1 baja pegas daun baru, dan 2 baja pegas daun bekas. Untuk baja pegas daun baru dan bekas memiliki tebal yang beda dikarenakan untuk baja pegas daun baru dibeli pada toko dan baja pegas daun bekas dibeli pada tempat loak atau tempat rongsokan. Untuk baja pegas daun bekas memiliki tebal 8,8 karena ketika membeli di tempat loak dan mencari tebal sama dengan yang baja pegas daun baru tidak didapatkan, oleh karena itu mencari tebal yang mendekati dengan baja pegas daun baru yaitu 8,8 mm.

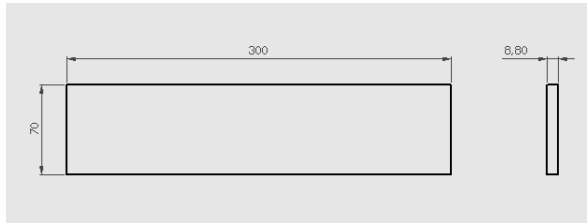
### 3.2.2 Pemotongan Bahan Material Awal

Bahan Material awal tersebut kemudian dilakukan proses pemotongan menggunakan mesin potong *circle* (gambar 3.7). Pemotongan dilakukan secara vertical menjadi 2 bagian (gambar 3.8)

Tabel 3.3 Dimensi Bahan Sebelum Pembentukan Spesimen bekas

No	Panjang (mm)	Tebal (mm)	Lebar (mm)
1	300	8,8	70
2	300	8,8	70
3	300	8,8	70
4	300	8,8	70

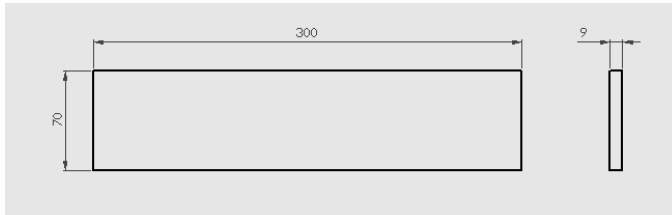




Gambar 3.5 Dimensi Bahan Material Awal Bekas Setelah Pemotongan

Tabel 3.4 Dimensi Bahan Sebelum Pembentukan Spesimen baru

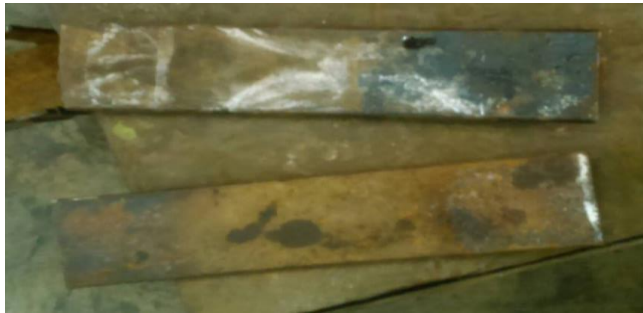
No	Panjang (mm)	Tebal (mm)	Lebar (mm)
1	300	9	70
2	300	9	70



Gambar 3.6 Dimensi Bahan Material Awal Baru Setelah Pemotongan



Gambar 3.7 Pemotongan Spesimen



Gambar 3.8 Bahan Setelah Proses Pemotongan

Total bahan setelah proses pemotongan yaitu berjumlah 6 baja pegas daun. 2 bahan baja pegas daun baru, dan 4 bahan baja pegas daun bekas.

### 3.2.3 Pembentukan Spesimen

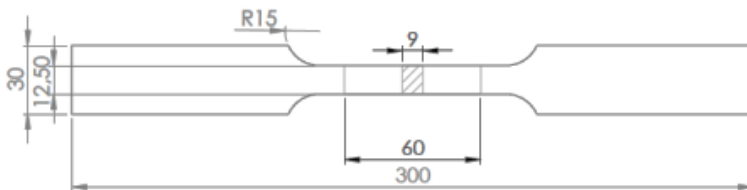
Bahan material yang sudah dilakukan proses pemotongan kemudian dilakukan proses pembentukan spesimen menggunakan mesin *wire cutting* menjadi 4 spesimen uji tarik dengan ukuran dimensi sesuai standart JIS Z 2201 14b (gambar 3.9).

Tabel 3.5 Dimensi Spesimen Uji Tarik Bekas

No	Panjang (mm)	Tebal (mm)	Lebar Grap (mm)	Lebar Gauge (mm)	Jari-jari (mm)
1	300	8,8	30	12,5	15
2	300	8,8	30	12,5	15
3	300	8,8	30	12,5	15
4	300	8,8	30	12,5	15
5	300	8,8	30	12,5	15
6	300	8,8	30	12,5	15
7	300	8,8	30	12,5	15
8	300	8,8	30	12,5	15

Tabel 3.6 Dimensi Spesimen Uji Tarik Baru

No	Panjang (mm)	Tebal (mm)	Lebar Grap (mm)	Lebar Gauge (mm)	Jari-jari (mm)
1	300	9	30	12,5	15
2	300	9	30	12,5	15
3	300	9	30	12,5	15
4	300	9	30	12,5	15



Gambar 3.9 Standart Spesimen Uji Tarik JIS Z 2201 14b [3]

Total spesimen yang telah dibentuk berjumlah 12 spesimen baja pegas daun. 4 spesimen baja pegas daun baru, dan 8 spesimen baja pegas daun bekas. Tetapi yang digunakan untuk uji kekerasan dan uji tarik hanya menggunakan 9 spesimen baja pegas. 3 spesimen baja pegas daun baru, 3 spesimen baja pegas daun bekas tanpa proses laku panas, dan 3 spesimen baja pegas daun bekas dengan proses laku panas.

### 3.3 Proses *Quenching*

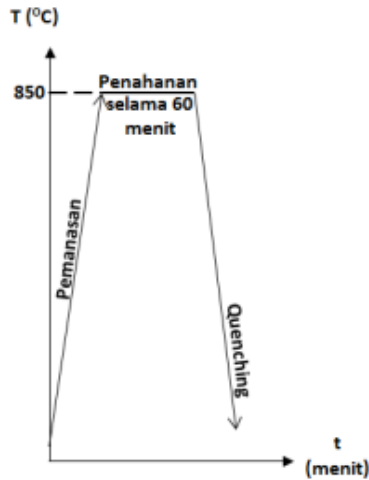
Proses *quenching* baja pegas daun bekas yang akan direkondisi dengan cara memanaskan spesimen uji didalam oven atau dapur pemanas yang bermerk *Gotech GT/F* (gambar 3.10). Media yang digunakan dengan menggunakan media air (*water quenching*) yang bervolume 20 liter (gambar 3.11).



Gambar 3.10 Oven uji laku panas



Gambar 3.11 Media Pendinginan



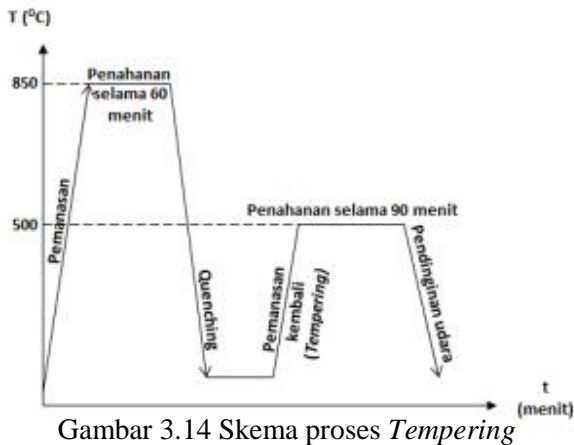
Gambar 3.12 Skema proses *quenching*

Gambar 3.12 menjelaskan bahwa proses *quenching* dimulai dari pemanasan spesimen uji didalam oven yang diberi temperatur pemanasan  $850^{\circ}\text{C}$  (gambar 3.13) lalu ditahan selama 60 menit. Proses pendinginan dilakukan dengan menggunakan media air (*water quenching*) volume 20 Liter dengan cara diaduk (agitasi) . Pencelupan dilakukan sampai temperatur spesimen uji dan media pendingin mendekati suhu kamar. Setelah proses *quenching*, maka dilanjutkan proses *tempering*.



Gambar 3.13 Oven dalam temperatur  $850^{\circ}\text{C}$

### 3.4 Proses *Tempering*



Gambar 3.14 Skema proses *Tempering*

Gambar 3.14 menjelaskan bahwa proses *tempering* baja pegas daun bekas dilakukan setelah proses *quenching*. Spesimen uji kembali dimasukkan kedalam oven atau dapur pemanas (gambar 3.15) dengan diberi temperatur pemanasan  $500^{\circ}\text{C}$  (gambar 3.16) lalu ditahan selama 90 menit dan dilakukan proses pendinginan dengan media udara (gambar 3.17).



Gambar 3.15 Pemasukan spesimen kedalam oven





Gambar 3.16 Oven dengan temperatur 500°C



Gambar 3.17 Spesimen dilakukan pendinginan udara

### 3.5 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui seberapa kerasnya bahan yang diuji. Pengujian ini menggunakan mesin Pengujian kekerasan ini menggunakan mesin uji *hardness testing machine hydraulic system* (gambar 3.19). Angka kekerasan yang diamati adalah menggunakan kekerasan *Rockwell* skala C, yang dinyatakan dalam HRC. Indentor yang digunakan adalah intan dengan sudut 120° dan beban 150 Kp.

Pengujian kekerasan dilakukan pada setiap spesimen yang berjumlah 9 masing-masing spesimen yaitu 3 spesimen baja pegas daun baru, 3 baja pegas daun bekas sebelum proses *quench-temper*, dan 3 baja pegas daun rekondisi. Titik Indentasi yang

dipilih ialah pada bagian grape benda uji. Uji kekerasan dilakukan sebelum spesimen dilakukan proses uji tarik.



Gambar 3.18 Titik Indentasi

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan 3 titik indentasi pada spesimen.



Gambar 3.19 Alat uji kekerasan

### 3.6 Uji Tarik

Mesin uji tarik yang digunakan adalah *Wolfert Tensile-Bending Testing Machine* (gambar 3.20). Hasil dari pengujian berupa grafik  $P-\Delta L$  yang diperoleh dari mesin uji tarik *Wolfert*.

Pengujian tarik dilakukan pada setiap spesimen yang berjumlah 9 masing-masing spesimen yaitu 3 spesimen baja pegas daun baru, 3 baja pegas daun bekas sebelum proses *quench-temper*, dan 3 baja pegas daun rekondisi.



Gambar 3.20 Mesin uji tarik

## BAB IV ANALISA dan PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa dan Pembahasan

Pengujian yang dilakukan meliputi uji kekerasan dan uji tarik untuk mengetahui sifat mekanik spesimen baja pegas daun baru, baja pegas daun sebelum proses *quench-temper*, maupun baja pegas daun rekondisi.

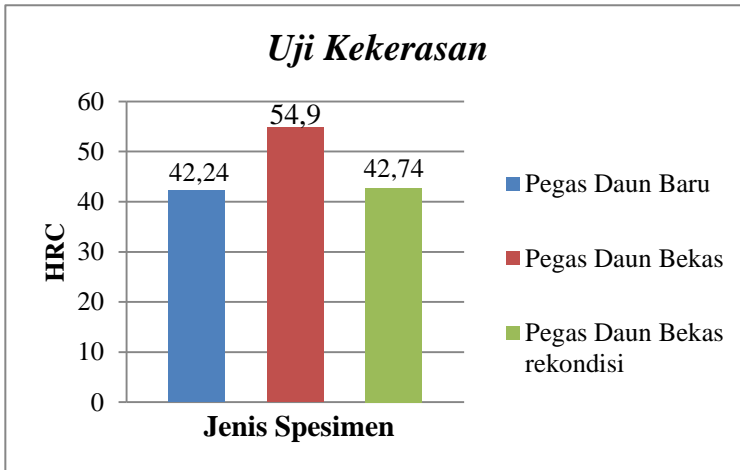
### 4.2 Uji Kekerasan

Tabel 4.1 Hasil uji kekerasan rata-rata pada pegas daun dengan menggunakan HRC.

Spesimen	Pegas daun baru	Pegas daun bekas	Pegas daun bekas Rekondisi
	HRC		
1	43,17	60,1	44,93
2	42,03	50,27	42,47
3	41,53	54,33	40,83
Rata-Rata	42,24	54,9	42,74

Tabel 4.2 Hasil uji kekerasan rata-rata pada pegas daun dengan menggunakan HB

Spesimen	Pegas daun baru	Pegas daun bekas	Pegas daun bekas Rekondisi
	HB		
1	401,53	655,6	420,16
2	390,3	485,05	394,7
3	385,77	548,61	379,3
Rata-Rata	392,54	563	398,05



Gambar 4.1 Grafik nilai kekerasan rata-rata pada pegas daun

Dari data tabel 4.1 dan tabel 4.2 dapat dilihat bahwa spesimen baja pegas daun baru mempunyai nilai kekerasan pada titik 1 sebesar 43,17 HRC (401,53 HB), pada titik 2 sebesar 42,03 HRC (390,3 HB), dan pada titik 3 sebesar 41,53 HRC (385,77 HB). Rata-rata kekerasan dari ketiga titik pada baja pegas daun baru yaitu sebesar 42,24 HRC (392,54 HB).

Pada spesimen baja pegas daun sebelum proses *quench-temper* mempunyai nilai kekerasan pada titik 1 sebesar 60,1 HRC (655,6 HB), pada titik 2 sebesar 50,27 HRC (485,05 HB), pada titik 3 sebesar 54,33 HRC (548,61 HB). Rata-rata kekerasan dari ketiga titik pada baja pegas daun bekas yaitu sebesar 54,9 HRC (563 HB).

Pada spesimen baja pegas daun rekondisi dengan temperatur 500°C memiliki nilai kekerasan pada titik 1 sebesar 44,93 HRC (420,16 HB), pada titik 2 sebesar 42,47 HRC (394,7 HB), pada titik 3 sebesar 40,83 HRC (379,3 HB). Rata-rata kekerasan dari

ketiga titik pada baja pegas daun rekondisi adalah sebesar 42,74 HRC (398,05 HB).

#### **4.2.1 Pengaruh proses *quench-temper* pada kekerasan baja pegas daun**

Kekerasan pada baja pegas daun baru memiliki kekerasan 42,24 HRC atau 394 HB. Kekerasan tersebut masih sesuai dengan standar spesifikasi awal pegas daun JIS G 4801-1984 yaitu 39,1 – 45,7 HRC atau 363 – 429 HB. Hal tersebut dikarenakan baja pegas daun baru masih belum dikenai pembebanan yang berulang. Oleh karena itu kekerasan baja pegas tersebut masih baik atau normal.

Kekerasan yang dihasilkan pada spesimen baja pegas daun bekas sebelum dikenai proses *quench-temper* sangat tinggi. Hal ini akan berpengaruh terhadap kenyamanan dan keamanan saat berkendara. Kekerasan yang tinggi tersebut diakibatkan oleh pembebanan secara berulang. Oleh karena itu, baja pegas daun bekas tersebut mengalami *strain hardening*.

Pada baja pegas daun rekondisi memiliki kekerasan sebesar 42,74 HRC (398,05 HB). Kekerasan tersebut sesuai dengan standar spesifikasi awal JIS G 4801-1984 yaitu 363-429 HB atau 39,1-45,7 HRC. Hal tersebut diakibatkan oleh proses *Tempering* dengan temperatur yang relatif tinggi yaitu 500<sup>0</sup>C, sehingga mengakibatkan tegangan sisa yang diakibatkan oleh *strain hardening* tersebut hilang.

### **4.3 Uji Tarik**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik yaitu berupa kekuatan luluh (*yield strength*), dan kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) dari material spesimen baja pegas daun baru, bekas dan rekondisi.

#### 4.3.1 Pengujian tarik pegas daun baru



Gambar 4.2 Spesimen hasil uji tarik pegas daun baru

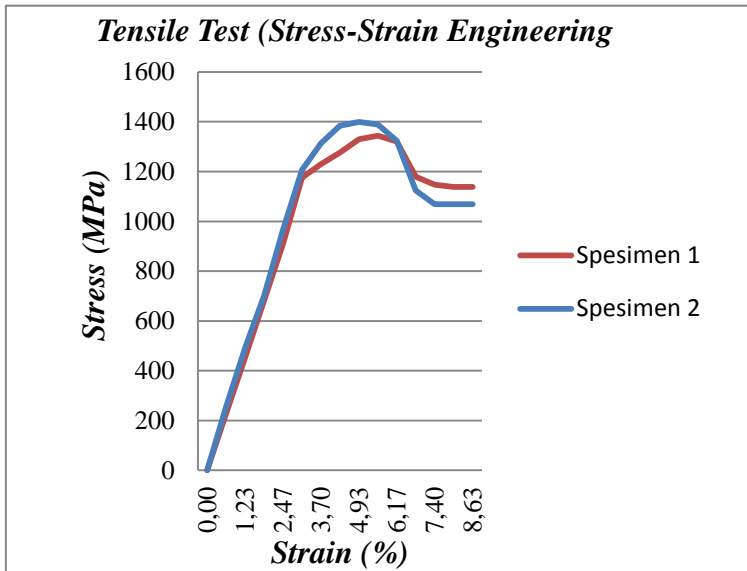
Tabel 4.3 Data uji tarik pada pegas daun baru

No	Tebal	Lebar	$A_0$	$L_0$	$L_1$	Fm	Fy
	Mm	Mm	mm <sup>2</sup>	mm	mm	kN	kN
1	9	12,5	112,5	60,3	65,8	151	136
2	9	12,5	112,5	60	65	160	149

Tabel 4.4 Hasil dari pengujian tarik pegas daun baru

Spesimen	Sifat Mekanik Awal	
	Yield Strength	Ultimate Tensile Strength
	(MPa)	(MPa)
1	1217,97	1344
2	1297,77	1399,37
3	-	-
Rata-Rata	1257,87	1371,68





Gambar 4.3 Grafik *tegangan-regangan* material baja pegas daun baru

Dari tabel 4.4 dapat dijelaskan bahwa pada spesimen baja pegas baru 1 memiliki kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar 1217,97 MPa, dan kekuatan tarik (*ultimate tensile strength*) sebesar 1344 MPa. Pada spesimen baja pegas baru 2 memiliki kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar 1297,77 MPa, kekuatan tarik (*ultimate tensile strength*) sebesar 1399,37 MPa. Sedangkan pada spesimen baja pegas daun baru 3 tidak mengalami uji tarik, karena spesimen tersebut mengalami kegagalan pada lasan yang digunakan untuk stopper, sehingga data dari spesimen tersebut tidak dibahas.

Rata-rata dari spesimen baja pegas daun baru menghasilkan kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar 1257,878 MPa, kekuatan tarik (*ultimate tensile strength*) sebesar 1371,685 MPa. Baja pegas daun baru masih sesuai dengan standart spesifikasi awal JIS G 4801-1984 yaitu pada kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar lebih dari 1079 MPa,

sedangkan pada kekuatan tarik (*ultimate tensile strength*) sebesar lebih dari 1226 MPa.

#### 4.3.2 Pengujian tarik pegas daun bekas sebelum *quench-temper*



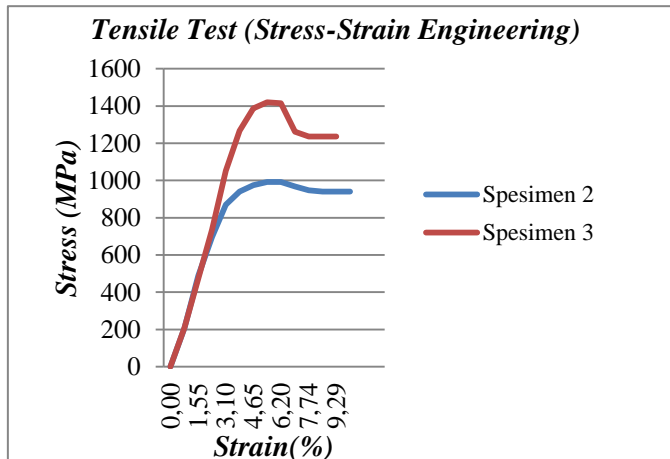
Gambar 4.4 Spesimen hasil uji tarik pegas daun bekas sebelum *quench-temper*

Tabel 4.5 Data uji tarik pada baja pegas bekas sebelum *quench-temper*

No	Tebal	Lebar	$A_0$	$L_0$	$L_1$	Fm	Fy
	Mm	Mm	mm <sup>2</sup>	mm	mm	kN	kN
2	8,8	12,5	110	59,4	65,38	113	99
3	8,8	12,5	110	59,7	64,71	156	149

Tabel 4.6 Hasil dari pengujian tarik pegas daun bekas sebelum *quench-temper*

Spesimen	Sifat Mekanik Awal	
	Yield Strength	Ultimate Tensile Strength
	(MPa)	(MPa)
1	-	-
2	904,54	1027,27
3	1355	1420
Rata-Rata	1129,77	1223,63



Gambar 4.5 Grafik *tegangan-regangan* material baja pegas daun bekas sebelum *quench-temper*

Dari tabel 4.6 dapat dijelaskan bahwa pada spesimen baja pegas daun bekas 1 tidak mengalami uji tarik dikarenakan spesimen tersebut mengalami kegagalan pada lasan yang digunakan untuk stopper, sehingga data dari spesimen tersebut tidak dibahas. Pada specimen baja pegas daun baru 2 memiliki kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar

904,54 MPa, kekuatan tarik (*ultimate tensile strength*) sebesar 1027,27 MPa. Untuk specimen baja pegas daun bekas 3 memiliki kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar 1355 MPa, kekuatan tarik (*ultimate tensile strength*) sebesar 1420 MPa.

Rata-rata material baja pegas daun bekas sebelum proses *quench-temper* menghasilkan kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar 1129,77 MPa, kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) sebesar 1223,63 MPa.

### 4.3.3 Pengujian tarik pegas daun rekondisi



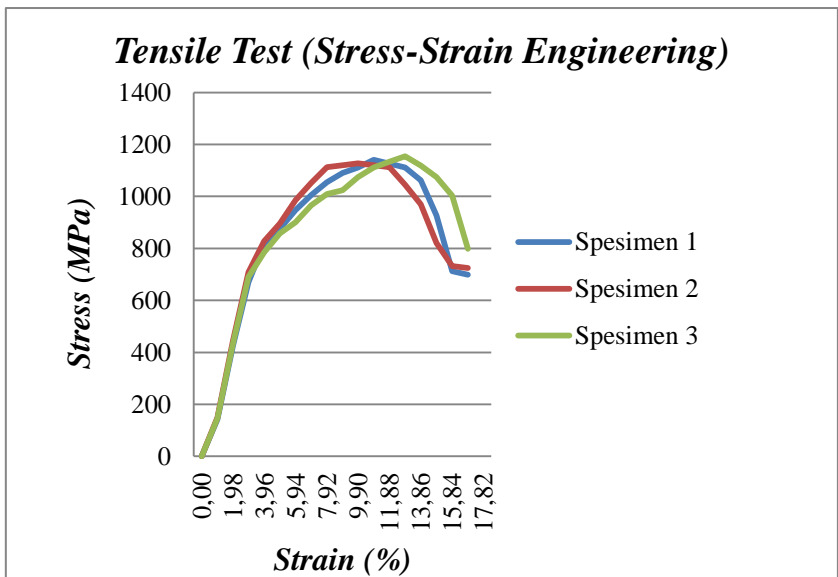
Gambar 4.6 Spesimen hasil uji tarik pada baja pegas daun rekondisi

Tabel 4.7 Data pengujian tarik pada baja pegas daun rekondisi

No	Tebal	Lebar	$A_0$	$L_0$	$L_1$	Fm	Fy
	mm	Mm	mm <sup>2</sup>	Mm	Mm	kN	kN
1	8,8	12,5	110	60,1	70,42	125	94
2	8,8	12,5	110	60,5	70,73	124	101
3	8,8	12,5	110	60,6	73,22	127	96

Tabel 4.8 Hasil dari pengujian tarik pegas daun rekondisi

Spesimen	Sifat Mekanik Awal	
	Yield Strength	Ultimate Strength
	(MPa)	(MPa)
1	855,67	1140,90
2	924,36	1127,27
3	871,34	1154,53
Rata-Rata	883,79	1140,90



Gambar 4.7 Grafik *tegangan-regangan* material baja pegas daun bekas rekondisi

Dari tabel 4.8 dapat disimpulkan bahwa pada spesimen baja pegas daun rekondisi 1 memiliki kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar 855,67 MPa, kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) sebesar 1140,90 MPa.

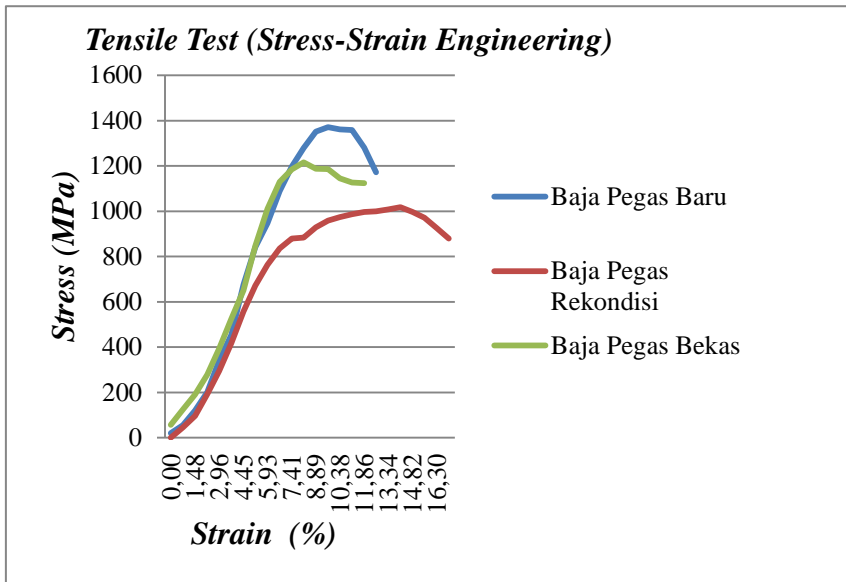
Pada spesimen baja pegas daun rekondisi 2 memiliki kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar 924,36 MPa, kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) sebesar 1127,27 MPa. Dan pada spesimen baja pegas daun rekondisi 3 mempunyai kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar 871,34 MPa, kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) sebesar 1154,53 MPa.

Rata-rata dari spesimen baja pegas daun rekondisi memiliki kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar 883,796 MPa, kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) sebesar 1140,90 MPa.

#### 4.3.4 Pengaruh proses rekondisi pada pengujian tarik

Tabel 4.9 hasil rata-rata uji tarik material baja pegas daun

Spesimen	Sifat Mekanik	
	Yield Strength	Ultimate Tensile Strength
	(MPa)	(MPa)
Baja Pegas Baru	1257,87	1371,68
Baja Pegas Bekas	1129,77	1223,63
Baja Pegas Rekondisi	883,79	1140,90



Gambar 4.8 Grafik *tegangan-regangan* rata-rata baja pegas daun

Dari grafik 4.8 dan tabel 4.8 dapat dilihat bahwa rata-rata material baja pegas daun baru memiliki kekuatan luluh (*Yield Strength*) sebesar 1257,87 MPa dan kekuatan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength*) sebesar 1371,68 MPa. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sifat mekanik yang dihasilkan dari material baja pegas daun baru masih baik dan normal, sehingga sesuai dengan spesifikasi awal pegas daun JIS G 4801-1984 yaitu pada kekuatan luluh (*Yield Strength*) berkisar lebih dari 1079 MPa, dan kekuatan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength*) berkisar lebih dari 1226 MPa.

Pada baja pegas daun bekas sebelum proses *quench-temper* memiliki kekuatan luluh (*Yield Strength*) sebesar



1129,773 MPa dan kekuatan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength*) sebesar 1223,63 MPa. Pada material baja pegas daun bekas tersebut sifat mekaniknya tidak dapat mencapai spesifikasi awal baja pegas daun yaitu pada kekuatan luluh (*Yield Strength*) sebesar 1079 MPa, dan kekuatan tarik (*Tensile Strength*) sebesar 1226 MPa. Hal tersebut dikarenakan baja pegas daun bekas telah mengalami pembebanan secara berulang dan baja tersebut telah melewati batas *yield* sehingga baja pegas daun bekas terdeformasi plastis, dari deformasi plastis tersebut baja pegas daun bekas terjadi *strain hardening*. *Strain hardening* menyebabkan timbulnya *micro crack*. *Micro crack* ini menyebabkan turunnya kualitas baja pegas daun.

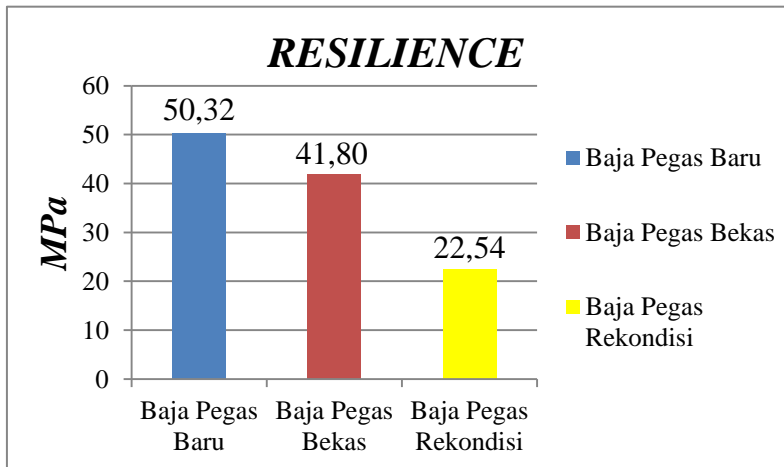
Pada baja pegas daun rekondisi memiliki kekuatan luluh (*Yield Strength*) sebesar 883,79 MPa dan kekuatan tarik (*Ultimate Tensile Strength*) sebesar 1140,90 MPa. Pada material baja pegas daun rekondisi ini tidak sesuai dengan sifat mekanik pada standar spesifikasi awal JIS G 4801-1984 yaitu pada kekuatan luluh (*Yield Strength*) sebesar lebih dari 1079 MPa, dan kekuatan tarik (*Tensile Strength*) sebesar lebih dari 1226 MPa. Ketidaksesuaian dengan spesifikasi awal pegas daun dapat diakibatkan oleh perlakuan panas yang dilakukan hanya dapat menghilangkan tegangan sisa yang ditimbulkan saat pembebanan berulang, namun perlakuan panas ini tidak dapat menghilangkan *micro crack*.

#### 4.4 Resilience

*Resilience* digunakan untuk mengetahui ketangguhan yang dihasilkan oleh baja pegas daun baru, bekas, maupun rekondisi.

Tabel 4.10 Data *Resilience* Baja Pegas Daun

Spesimen	Regangan	Tegangan <i>Yield</i>	<i>Resilience</i>
	(%)	(MPa)	(MPa)
Baja Pegas Baru	0,08	1257,87	50,31
Baja Pegas Bekas	0,07	1129,77	41,80
Baja Pegas Rekondisi	0,05	883,79	22,54



Gambar 4.9 Grafik *Resilience* pada baja pegas

Dari gambar 4.9 dapat diketahui bahwa pegas daun hasil rekondisi memiliki kemampuan untuk menyerap energi tanpa mengalami deformasi plastis. Pada baja pegas daun baru memiliki *resilience* sebesar 50,31 MPa, pada baja pegas daun bekas sebelum *quench-temper* memiliki *resilience* sebesar 41,80, dan pada baja pegas daun rekondisi memiliki *resilience* sebesar 22,54 MPa.

Pada baja pegas daun bekas sebelum *quench-temper* dan ada baja pegas daun rekondisi memiliki *resilience* yang berada dibawah pegas daun kondisi baru. Hal tersebut diakibatkan oleh pegas yang bekerja, pegas menerima beban yang melebihi batas luluh pada pegas yang menyebabkan pegas mengalami deformasi plastis. Sehingga nilai *resilience* turun.

#### **4.5 Pembahasan**

Dari analisa data yang sudah diolah dapat dijelaskan bahwa baja pegas daun rekondisi memiliki kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar 883,79 MPa, dan kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) sebesar 1140,90 MPa. Untuk kekuatan luluh (*yield strength*) dari baja pegas daun rekondisi kurang dari 0,71% dari baja pegas daun baru yaitu sebesar 1257,87 MPa, dan untuk kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) dari baja pegas daun rekondisi turun sebesar 0,83% dari baja pegas daun baru yaitu sebesar 1371,68 MPa.

Untuk baja pegas daun rekondisi ini tidak dapat digunakan untuk menahan beban yang sama pada baja pegas daun baru, tapi baja pegas daun rekondisi ini dapat digunakan untuk menahan beban yang lebih kecil dibanding beban yang awal.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada proses *quench-temper* dan pengaruh terhadap sifat mekanik baja pegas daun, dapat disimpulkan antara lain :

1. Material baja pegas rekondisi tidak dapat mengembalikan sifat mekanik seutuhnya.
2. Material pegas daun rekondisi pada temperatur 500°C memiliki kekerasan sebesar 42,74 HRC (398,05 HB), kekuatan tarik (*ultimate strength*) sebesar 1140,90 MPa, kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar 883,79 MPa.
3. Pegas daun rekondisi memiliki selisih kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar 0,71% dari baja pegas daun baru, dan memiliki selisih kekuatan tarik maksimal (*ultimate tensile strength*) sebesar 0,83% dari baja pegas daun baru.

#### **5.2 Saran**

Saran-saran yang berkenaan dengan proses *quench-temper* dalam rekondisi material baja pegas daun yaitu :

1. Pada rekondisi material baja pegas daun bekas perlu diadakan penelitian lanjutan mengenai perbandingan uji kelelahan antara material hasil rekondisi dengan material awal atau pegas daun baru dengan tujuan untuk mengetahui umur pemakaian efektif.
2. Sebelum dilakukan proses rekondisi pada pegas daun bekas disarankan dilakukan pengujian secara *visual* atau dengan *penetrant test* karena apabila pegas daun bekas sudah mengalami keretakan yang cukup parah tidak dapat diperbaiki kekuatan tariknya.
3. Perlu adanya pengujian metalografi agar hasil lebih akurat.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASM Handbook. 1991. *Atlas of Time-Temperature Diagram for Irons and Steels*. USA: ASM Internasional.
- [2] Callister, William D., 2007, "*Materials Science and Engineering an Introduction seventh edition*", The University of Utah, USA.
- [3] JIS Handbook, 1998, "*Ferrous Materials and Metallurgy II*", Japanese Standard Association, Tokyo.
- [4] Murtiono, Arief., 2012, "*Pengaruh Quenching dan Tempering Terhadap Kekerasan Kekuatan Tarik Serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang Untuk Mata Pisau Pemanen Sawit*", Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik, USU, Sumatera Utara.
- [5] Permana Putra, Daniel., 2009, "*Rekondisi Material Dengan Proses Quench-Temper dan Pengaruh Temperatur Tempering Terhadap Sifat Mekanis Baja Pegas Daun JIS SUP 9A*", Tugas Akhir Teknik Mesin, ITS, Surabaya.
- [6] Rizal, Reza, BI., 2016, "*Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Pada Perlakuan Panas Pengerasan Terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Material Baja Leaf Spring*", Tugas Akhir D3 Teknik Mesin, ITS, Surabaya.
- [7] Setiawan, Indra., Sakti Nur, Muhamad., "*Meningkatkan Mutu Baja SUP 9 Pada Pegas Daun Dengan Proses Perlakuan Panas*", Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [8] Yamada, Y., 2007, "*Material For Spring*", Springer, New York.

## LAMPIRAN

### LAMPIRAN 1. Kekerasan dalam HB

Approximate Leeb (Type D) Hardness Conversion Numbers for Non-Austenitic Steels (Rockwell C Hardness Range)

<u>Leeb Hardness Type D</u> Impact Device (HDL)	<u>Rockwell C Hardness</u> 150 kgf (HRC)	<u>Vickers Hardness</u> 10mm Ball 3000kgf (HBS)	<u>Brinell Hardness</u> 10mm Steel Ball 300kgf (HBS)
828	62	762	(721)
819	61	737	(699)
809	60	711	(675)
800	59	688	(654)
791	58	667	634
782	57	645	614
773	56	625	595
764	55	605	577
755	54	586	559
746	53	568	542
737	52	550	526
729	51	534	511
720	50	517	496
712	49	503	482
703	48	487	467
695	47	473	455
687	46	460	442
679	45	447	430
671	44	434	416
663	43	422	407
655	42	410	395
647	41	398	385
640	40	388	375
632	39	377	365
625	38	368	356
618	37	358	347
611	36	349	338
603	35	339	328
596	34	330	320
590	33	323	313
583	32	314	305
576	31	306	297
570	30	299	291
563	29	291	283
557	28	284	276
551	27	277	270
545	26	271	264
539	25	264	258
533	24	258	252
527	23	251	246
521	22	245	240
516	21	240	235
510	20	234	229

References:

Hardness Testing ASM International Metals Park OH 1987

ASTM Designation E140-12b

ASTM Designation E29

ASTM Designation E10

## LAMPIRAN 2. Baja Pegas Daun Rekondisi Spesimen 1

<i>No</i>	$\Delta L$ (mm)	<i>F</i> (kN)	<i>TEGANGAN</i> (Mpa)	<i>REGANGAN</i> (%)
1	0	0	0	0
2	0,53	4,82	43,88	0,89
3	1,07	7,24	65,82	1,78
4	1,60	9,65	87,76	2,68
5	2,14	14,48	131,64	3,57
6	2,68	19,30	175,52	4,46
7	3,21	31,37	285,22	5,35
8	3,75	43,44	394,92	6,24
9	4,28	57,92	526,57	7,13
10	4,82	77,23	702,09	8,03
11	5,36	94	855,67	8,92
12	5,89	103,77	943,43	9,81
13	6,43	106,19	965,38	10,7
14	6,96	113,43	1031,20	11,59
15	7,50	117,29	1066,30	12,49
16	8,04	120,67	1097,02	13,38
17	8,57	122,60	1114,57	14,27
18	9,11	124,53	1132,12	15,16
19	9,64	125	1140,90	16,05
20	10,18	125,49	1140,90	16,95
21	10,72	125,49	1140,90	17,84
22	11,25	125,49	1140,90	18,73
23	11,79	120,67	1097,02	19,62
24	12,32	111,01	1009,26	20,51
25	12,86	94,12	855,67	21,4
26	13,4	91,71	833,73	22,3

\*nb

$$A_0 = 110 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 60,1 \text{ mm}$$

**Biru** = Yield Strength

**Hijau** = Ultimate Tensile Strength



### LAMPIRAN 3. Baja Pegas Daun Rekondisi Spesimen 2

<i>no</i>	$\Delta L$ (mm)	<i>F</i> (kN)	<i>TEGANGAN</i> (Mpa)	<i>REGANGAN</i> (%)
1	0	0	0	0
2	0,42	4,96	45,09	0,7
3	0,84	8,92	81,16	1,39
4	1,26	12,4	112,72	2,09
5	1,68	19,84	180,36	2,78
6	2,10	34,22	311,12	3,48
7	2,52	49,6	450,90	4,17
8	2,94	69,44	631,27	4,87
9	3,36	89,28	811,63	5,56
10	3,78	101	924,36	6,26
11	4,205	106,14	964,94	6,95
12	4,62	112,59	1023,56	7,65
13	5,04	116,56	1059,63	8,34
14	5,46	119,04	1082,18	9,04
15	5,88	122,51	1113,74	9,73
16	6,30	123,50	1122,76	10,43
17	6,72	124	1127,27	11,12
18	7,14	124	1127,27	11,82
19	7,56	124	1127,27	12,51
20	7,98	124	1127,27	13,21
21	8,41	121,52	1104,72	13,9
22	8,83	111,6	1014,54	14,6
23	9,25	99,2	901,81	15,29
24	9,67	91,76	834,18	15,99

$$A_0 = 110 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 60,5 \text{ mm}$$

\*nb

Biru = Yield Strength

Hijau = Ultimate Tensile Strength

#### LAMPIRAN 4. Baja Pegas Daun Rekondisi Spesimen 3

<i>no</i>	$\Delta L$ (mm)	<i>F</i> (kN)	<i>TEGANGAN</i> (Mpa)	<i>REGANGAN</i> (%)
1	0	0	0	0
2	0,38	7,18	65,35	0,64
3	0,77	8,62	78,42	1,28
4	1,15	9,58	87,13	1,91
5	1,54	13,41	121,98	2,55
6	1,93	16,77	152,48	3,19
7	2,31	23,96	217,83	3,83
8	2,70	33,54	304,97	4,47
9	3,09	40,73	370,32	5,1
10	3,47	52,71	479,24	5,74
11	3,86	67,09	609,94	6,38
12	4,25	81,47	740,64	7,02
13	4,63	95	871,34	7,66
14	5,02	105,43	958,48	8,29
15	5,41	108,30	984,62	8,93
16	5,79	115,01	1045,61	9,57
17	6,18	118,37	1076,11	10,21
18	6,57	121,24	1102,25	10,85
19	6,95	124,12	1128,39	11,48
20	7,34	125,08	1137,10	12,12
21	7,73	126,51	1150,17	12,76
22	8,11	126	1154,53	13,4
23	8,50	126,99	1154,53	14,03
24	8,89	126,99	1154,53	14,67
25	9,27	126,99	1154,53	15,31
26	9,66	126,99	1154,53	15,95
27	10,05	126,99	1154,53	16,59
28	10,43	122,20	1110,96	17,22
29	10,82	113,10	1028,18	17,86
30	11,21	102,07	927,98	18,5
31	11,59	95,84	871,34	19,14

$A_0 = 110 \text{ mm}^2$

$L_0 = 60,6 \text{ mm}$

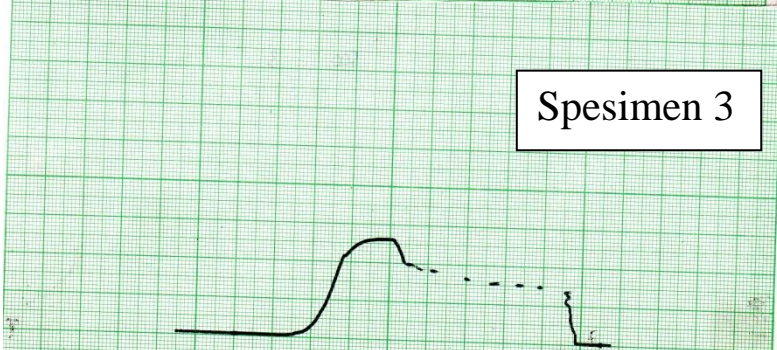
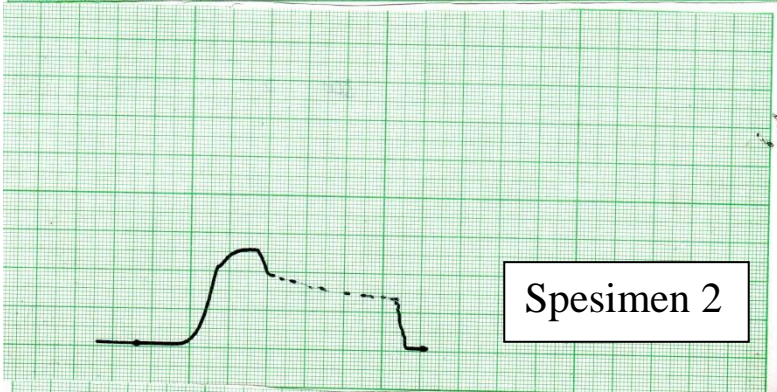
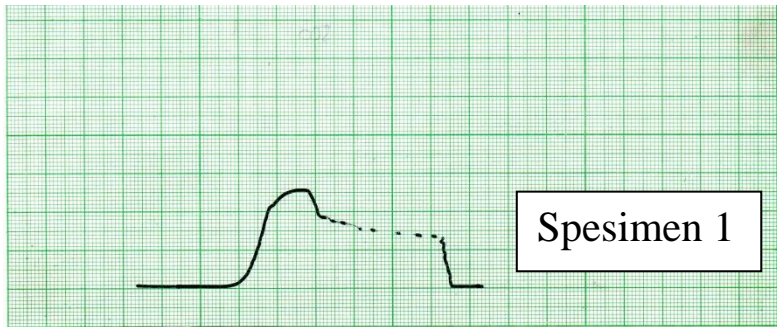
\*nb

Biru = Yield Strength

Hijau = Ultimate Tensile Strength

Diagram P- $\Delta$ L

LAMPIRAN 5. Spesimen Baja Pegas Daun Rekondisi



LAMPIRAN 6. Baja Pegas Daun Baru Spesimen 1

<i>No.</i>	$\Delta L$ (mm)	<i>F</i> (kN)	<i>TEGANGAN</i> (MPa)	<i>REGANGAN</i> (%)
1	0	0	0	0
2	0,22	3,6	32	0,4
3	0,45	7,6	67,55	0,8
4	0,68	12,4	110,22	1,1
5	0,90	19,2	170,66	1,5
6	1,13	27,6	245,33	1,9
7	1,36	37,2	330,66	2,3
8	1,58	47,6	423,11	2,6
9	1,81	59,6	529,77	3
10	2,04	79,2	704	3,4
11	2,27	104,8	931,55	3,8
12	2,49	124,8	1109,33	4,2
13	2,72	130	1155,55	4,5
14	2,95	136	1217,97	4,9
15	3,17	138	1226,66	5,3
16	3,40	144	1280	5,7
17	3,63	146	1297,77	6,1
18	3,85	148,4	1319,11	6,4
19	4,08	151	1344	6,8
20	4,31	148,4	1319,11	7,2
21	4,54	139,6	1240,88	7,6
22	4,76	132,4	1176,88	7,9
23	4,99	132	1173,33	8,3

$$A_0 = 112,5 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 60,3 \text{ mm}$$

\*nb

Biru = Yield Strength

Hijau = Ultimate Tensile Strength

LAMPIRAN 7. Pegas Daun Baru Spesimen 2

<i>No.</i>	$\Delta L$ (mm)	<i>F</i> (kN)	<i>TEGANGAN</i> (MPa)	<i>REGANGAN</i> (%)
	0	0	0	0
1	0,28	0,40	3,52	0,5
2	0,56	4,45	38,73	0,9
3	0,84	14,17	123,23	1,4
4	1,12	23,07	200,69	1,9
5	1,4	45,34	394,33	2,3
6	1,68	72,47	630,23	2,8
7	1,96	99,20	862,613	3,3
8	2,24	132,80	1154,84	3,7
9	2,52	141,45	1217,97	4,2
10	2,8	149	1297,77	4,6
11	3,08	153,45	1334,41	5,1
12	3,36	160	1399,37	5,6
13	3,64	157,50	1369,61	6,0
14	3,92	153,86	1337,93	6,5
15	4,2	149,40	1299,20	7,0
16	4,48	143,73	1249,90	7,4
17	4,76	129,56	1126,67	7,9
18	5,04	126,32	1098,51	8,4
19	5,32	125,51	1091,47	8,8

$A_0 = 112.5 \text{ mm}^2$   
 $L_0 = 60 \text{ mm}$

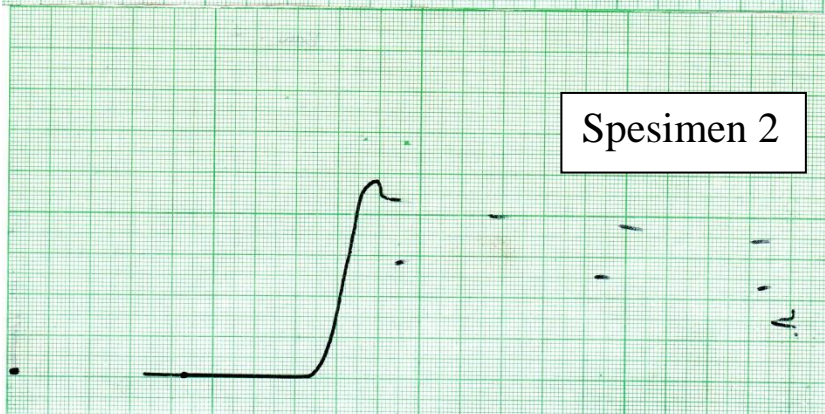
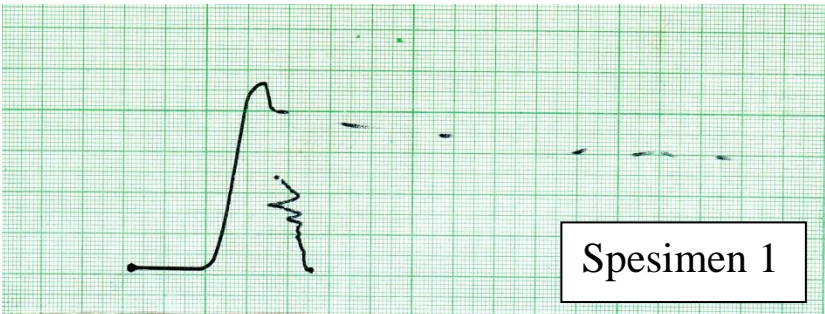
\*nb

Biru = Yield Strength

Hijau = Ultimate Tensile Strength

Diagram P- $\Delta$ L

LAMPIRAN 8. Spesimen Baja Pegas Daun Baru



LAMPIRAN 9. Baja Pegas Daun Bekas Spesimen 2

<i>No</i>	$\Delta L$ (mm)	<i>F</i> (KN)	<i>TEGANGAN</i> (MPa)	<i>REGANGAN</i> (%)
1	0	0	0	0
2	0,25	0,67	6,16	0,42
3	0,5	0,90	8,21	0,84
4	0,75	1,58	14,38	1,26
5	1	2,26	20,54	1,68
6	1,25	4,52	41,09	2,10
7	1,5	6,10	55,47	2,52
8	1,75	8,58	78,072	2,94
9	2	11,3	102,72	3,36
10	2,25	15,82	143,81	3,78
11	2,5	22,6	205,45	4,20
12	2,75	31,64	287,63	4,62
13	3	45,2	410,90	5,05
14	3,25	58,76	534,18	5,47
15	3,5	74,58	678	5,89
16	3,75	88,14	801,27	6,31
17	4	99	904,54	6,73
18	4,25	108,48	986,18	7,15
19	4,5	110,74	1006,72	7,57
20	4,75	111,87	1017	7,99
21	5,25	113	1027,27	8,83
22	5,5	108,48	986,181	9,25
23	5,75	108,48	986,181	9,68
24	6	108,48	986,181	10,10

$$A_0 = 110 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 59,4 \text{ mm}$$

\*nb

Biru = Yield Strength

Hijau = Ultimate Tensile Strength

LAMPIRAN 10. Baja Pegas Daun Bekas Spesimen 3

<i>No</i>	$\Delta L$ (mm)	<i>F</i> (KN)	<i>TEGANGAN</i> (MPa)	<i>REGANGAN</i> (%)
1	0	0	0	0
2	0,25	1,77	16,13	0,42
3	0,50	8,87	80,68	0,83
4	0,75	17,75	161,36	1,25
5	1	26,62	242,04	1,67
6	1,25	41,89	380,81	2,09
7	1,50	74,55	677,72	2,51
8	1,75	95,85	871,36	2,93
9	2	117,15	1065	3,35
10	2,25	136,67	1242,5	3,77
11	2,50	149	1355	4,19
12	2,75	154,42	1403,86	4,61
13	3	156	1420	5,03
14	3,25	155,49	1413,54	5,45
15	3,50	145,55	1323,18	5,87
16	3,75	144,13	1310,27	6,29
17	4	144,13	1310,27	6,71
18	4,25	144,13	1310,27	7,13
19	4,50	144,13	1310,27	7,55
20	4,75	144,13	1310,27	7,97
21	5	144,13	1310,27	8,39

\*nb

$$A_0 = 110 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = 59,7 \text{ mm}$$

Biru = Yield Strength

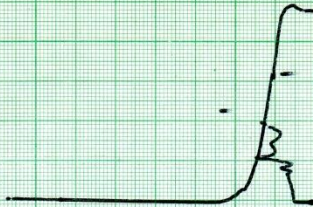
Hijau = Ultimate Tensile Strength



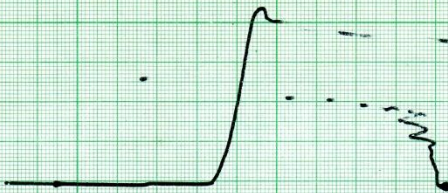
Diagram P- $\Delta$ L

LAMPIRAN 11. Spesimen Baja Pegas Daun Bekas

Spesimen 2



Spesimen 3



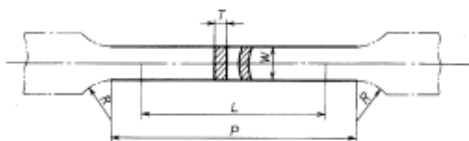
LAMPIRAN 12. Data Hasil Uji Kekerasan

Spesimen		Titik Indentasi			Rata-Rata
Kondisi	No	1	2	3	
Baru	1	42,3	44,1	43,1	43,17
	2	41,6	42	42,5	42,03
	3	40,1	41,6	42,9	41,53
	Rata-Rata				42,24
Bekas	1	59	60,3	61	60,1
	2	53	45,5	52,3	50,27
	3	57	54,5	51,5	54,33
	Rata-Rata				54,9
Rekondisi	1	45,5	44,3	45	44,93
	2	43,9	43	40,5	42,47
	3	39	44	39,5	40,83
	Rata-Rata				42,74

# LAMPIRAN 13. Standar Spesimen Uji Tarik JIS Z 2201 No. 14b

10  
Z 2201 : 1998

- 2) **No. 14B test piece** The form and dimensions of No. 14B test piece shall conform to Fig. 12.



Unit : mm

Width $W$	Gauge length $L$	Parallel length $P$	Radius of fillet $R$	Thickness $T$
$8T$ max.	$5.65\sqrt{A}$	$L+1.5\sqrt{A}$ to $L+2.5\sqrt{A}$	15 min.	Thickness of material

$A$  : cross-sectional area of parallel portion

- Remarks 1 The length of parallel portion shall be so determined that  $P = L + 2\sqrt{A}$ , as far as practicable.
- 2 In the case of applying No. 14B test piece to the test of tubes, the cross section of parallel portion shall be as cut out of the tube.
- 3 The width of gripped portion of No. 14B test piece may be made the same as that of the parallel portion. In this case, the parallel length shall be  $P = L + 3\sqrt{A}$ .
- 4 No. 14B test piece, the standard dimensions of which are given in Remarks Table 2, should be used by unifying in every reasonable gauge of sheet width.
- 5 In the case of the materials specified in the International Standard, Remarks Table 1 in 4.2 applies.

Fig. 12 No. 14B test piece

Remarks Table 2 Standard dimensions of 14B test piece

Unit : mm

Plate thickness	Width $W$	Gauge length $L$	Parallel length $P$
Over 5.5 mm up to and incl. 7.5 mm	12.5	50	80
Over 7.5 mm up to and incl. 10 mm		60	
Over 10 mm up to and incl. 13 mm	20	85	130
Over 13 mm up to and incl. 19 mm		100	
Over 19 mm up to and incl. 27 mm	40	170	265
Over 27 mm up to and incl. 40 mm		205	

PROTECTED BY COPYRIGHT

## BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang lahir pada tanggal 19 Desember 1996 di Manado, Provinsi Sulawesi Utara. Pendidikan formal yang pernah ditempuh meliputi SDN Bulak Banteng 2 Surabaya, SMPN 38 Surabaya dan SMAN 8 Surabaya. Setelah itu pada tahun 2014 penulis meneruskan pendidikan pada tingkat perguruan tinggi di Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan mengambil bidang studi Manufaktur.

Selama masa pendidikan di perkuliahan penulis aktif mengikuti Tim Riset Mobil Ethanol Basudewo, penulis menjabat sebagai divisi *sponsorship* 2015-2016 dan menjabat menjadi General Manager Mobil Ethanol Basudewo 2016-2017. Selain itu, penulis juga aktif di Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Mesin dan menjabat sebagai Staff Departemen Komunikasi dan Informasi periode 2015-2016. Penulis juga mengikuti berbagai pelatihan yang diadakan HMDM antara lain : Pelatihan Karya Tulis Ilmiah (PKTI), Pelatihan Jurnalistik Tingkat Dasar (PJTD), serta Pelatihan LKMM TD VIII. Selain itu, penulis juga mengikuti pelatihan di fakultas yaitu Pelatihan LKMM Pra-TD. Dan penulis juga pernah mengikuti kepanitiaan Institut yaitu Panitia OC Sie Perlengkapan GERIGI 2015. Bagi pembaca yang ingin lebih mengenal penulis dan ingin berdiskusi lebih luas lagi dapat menghubungi E-mail: [adamspranantha3@gmail.com](mailto:adamspranantha3@gmail.com).